



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV  
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM BOX HALF  
THROUGH ARCH**

TRİYOGA BAYU L  
NRP. 3115 105 048

Dosen Pembimbing  
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**TUGAS AKHIR – RC14-1501**

**MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV  
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM BOX HALF  
THROUGH ARCH**

TRIYOGA BAYU L  
NRP. 3115 105 048

Dosen Pembimbing  
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

*“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”*



**FINAL PROJECT – RC14 1501**

**STRUCTURE MODIFICATION OF MUSI IV BRIDGE  
BY USING BOX HALF THROUGH ARCH'S SYSTEM**

TRİYOGA BAYU L  
NRP. 3115 105 048

Lecture  
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

*“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”*

**MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV  
DENGAN MENGGUNAKAN  
SISTEM BOX HALF THROUGH ARCH**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil Lintas Jalur  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh:

**Triyoga Bayu Lestariyanto**  
3115 105 048

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D**  
NIP. 197301281998021002



**SURABAYA  
JULI 2017**

# **MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV MENGUNAKAN SISTEM STEEL BOX HALF THROUGH ARCH BRIDGE**

**Nama** : Triyoga Bayu Lestariyanto  
**NRP** : 3115 105 048  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Budi Suswanto ST., MT., Ph.D.

## **ABSTRAK**

*Jembatan merupakan suatu bagian dari jalan raya yang berfungsi untuk menghubungkan jalan yang terputus karena adanya rintangan seperti sungai, danau, lembah, jurang, dan lain sebagainya. Dengan melihat fungsi sarana transportasi yang cukup besar dan vital bagi kehidupan khususnya untuk menunjang perekonomian di daerah Sumatera Selatan, maka dibangun Jembatan Musi IV sebagai pendukung pengembangan perekonomian di kota Palembang.*

*Dalam perencanaan ini Jembatan Musi IV dibangun dengan menggunakan konstruksi Steel Box Half Through Arch. Jembatan dibagi menjadi 3 bentang dengan panjang masing-masing bentang 90 m, 140m, dan 90 m serta lebar jalan jembatan 14 meter. Material yang menyusun lantai kendaraan berupa elemen beton bertulang. Sedangkan gelagar jembatan menggunakan profil baja WF. Struktur Pelengkung menggunakan box baja. Sedangkan untuk kabel dan angkernya menggunakan rod hanger ANVIL.*

*Perencanaan ini dibantu dengan menggunakan program komputer SAP2000 v14 untuk menganalisa struktur baik struktur primer maupun struktur sekunder.*

*Hasil dari perencanaan ini adalah didapatkan dimensi struktur penyusun lantai kendaraan, kabel dan angker, busur pelengkung, dan kebutuhan sambungan dengan menggunakan acuan peraturan BMS '92, SNI 1725:2016, RSNI 2833:2013, RSNI T-03-2005, SNI 03-1729-2002. Selain itu stabilitas jembatan terhadap angin juga dikontrol menggunakan analisa dinamis yang meliputi analisa aerodinamis dan gempa dinamis. Hasil perhitungan dituangkan dalam gambar teknik menggunakan autoCAD.*

***Kata Kunci: Jembatan Busur, Jembatan Busur Box Baja, SAP 2000.***



# **STRUCTURE MODIFICATION OF MUSI IV BRIDGE USING STEEL BOX HALF THROUGH ARCH BRIDGE SYSTEM**

**Name** : Triyoga Bayu Lestariyanto  
**NRP** : 3115 105 048  
**Department** : Civil Engineering FTSP – ITS  
**Lecturer** : Budi Suswanto ST., MT., Ph.D.

*Bridge is a road part that function as a connector that connect one line of road with another road that had been separated by obstacle like river, lake, ravine, etc. Concerning the vital needs of mass transportation that supporting the life and the economic structure in South Sumatera, Musi IV Bridge was built as an auxiliary support prior to the development of Palembang city.*

*Design proposed in this paper refer to the build up of Musi IV Bridge with Steel Box Half Through Arch. The bridge was separated into two bay with length 90 m, 140 m, and 90 m each with width of bridge road 14 meter. The material that compose the floor of vehicle is concrete. Bridge girder use steel WF profil. The Arch Structures made up by steel box. For the cable and anchor using rod hanger ANVIL.*

*The development and design of this project utilize SAP2000 v14 to analyze the primer structure and secondary structure.*

*The result of this design are a definite structure dimension of vehicle floor, cable and anchor, arch, connection needs, refer to the standart rule of BMS '92, SNI 1725:2016, RSNI 2833:2013, RSNI T-03-2005, SNI 03-1729-2002. In addition, the bridge stability against wind condition were also controlled using dynamic analysis which included aerodynamic analysis and*

*dynamic earthquake load. The result is used as the basis of standard technical drawings in autoCAD.*

***Keywords: Arch Bridge, Steel Box Arch Bridge, SAP 2000.***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas berkah, karunia, rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul *Modifikasi Struktur Jembatan Musi IV Menggunakan Sistem Steel Box Half Through Arch Bridge* dengan baik dan tepat waktu. Proposal Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik bidang studi struktur program studi S1 Jurusan Teknik Sipil Lintas Jalur FTSP ITS.

Dalam pengerjaan Proposal Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah membantu proses pengerjaan Proposal Tugas Akhir ini hingga selesai. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas bantuan pihak-pihak yang senantiasa membantu dan membimbing dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, terkhusus kepada:

1. Bapak Budi Suswanto ST., MT., Ph.D., selaku dosen konsultasi proposal tugas akhir.
2. Bapak Ir. Wahyu Herijanto MT., selaku dosen wali.
3. Bapak Umboro Lasminto ST., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Lintas Jalur.
4. Bapak Tri Joko Wahyu Adi ST., MT., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
6. Orang Tua yang selalu turut mendoakan dalam lancarnya Tugas Akhir
7. Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran yang membangun dari pembaca akan penulis terima demi kebaikan untuk kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini bisa

memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun bagi para pembaca.

Surabaya, Januari 2017

Hormat Penulis  
Triyoga Bayu Lestariyanto

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	iii
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
KATA PENGANTAR .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1. 1    Latar Belakang .....	1
1. 2    Perumusan Masalah .....	2
1. 3    Tujuan Perencanaan .....	3
1. 4    Batasan Masalah .....	4
1. 5    Manfaat .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2. 1    Umum .....	7
2. 2    Jembatan Busur (Arch Bridge) .....	8
2. 2. 1    Tipe Jembatan Busur .....	9
2. 3    Sistem Kontruksi Jembatan Busur .....	13
2. 4    Sambungan .....	14
2. 4. 1    Sambungan Baut .....	15
2. 4. 2    Sambungan Las .....	18
2. 5    Perencanaan Struktur Bangunan Bawah .....	21
2. 5. 1    Kepala Jembatan (Abutment) .....	21
2. 5. 2    Pilar Jembatan (Pier) .....	22
2. 5. 3    Pondasi .....	22
BAB III METODOLOGI .....	25
3.1    Umum .....	25
3.2    Diagram Alir .....	25
3.3    Pengumpulan Data .....	28
3.3.1    Data Umum Bangunan .....	28
3.3.2    Data Modifikasi .....	28
3.3.3    Data Gambar .....	28

3.3.4	Data Bahan .....	28
3.4	Studi Literatur .....	29
3.4.1	Peraturan Yang Berkaitan .....	29
3.4.2	Literatur Yang Berkaitan .....	29
3.5	Preliminary Desain .....	29
3.5.1	Tebal Pelat Lantai Kendaraan .....	30
3.5.2	Penentuan Dimensi Busur .....	30
3.5.3	Dimensi Balok Memanjang dan Melintang .	31
3.6	Perencanaan Pembebanan .....	31
3.6.1	Beban Mati .....	32
3.6.2	Beban Lajur D .....	32
3.6.3	Beban Truck T .....	33
3.6.4	Beban Angin .....	34
3.6.5	Beban Temperatur .....	35
3.6.6	Beban Gempa .....	36
3.7	Perencanaan Kabel Penggantung .....	37
3.8	Permodelan Pada SAP .....	38
3.9	Kontrol Terhadap Gaya Dalam .....	38
3.10	Perhitungan Sambungan .....	40
3.11	Desain Perletakan .....	41
3.12	Perhitungan Pondasi Tiang Pancang .....	42
3.13	Gambar Hasil Desain .....	43
BAB IV PEMBAHASAN .....		45
4.1	Perencanaan Struktur Sekunder .....	45
4.1.1	Perencanaan Tebal Pelat Lantai Kendaraan .	45
4.1.2	Perhitungan Penulangan .....	47
4.1.3	Perhitungan Tiang dan Pipa Sandaran .....	56
4.1.4	Perhitungan Kolom Sandaran .....	59
4.1.5	Perencanaan Balok Memanjang .....	61
4.1.6	Perencanaan Balok Melintang .....	70
4.1.7	Ikatan Angin Atas .....	84
4.1.8	Ikatan Angin Bawah .....	87

4.2	Perencanaan Struktur Primer .....	90
4.2.1	Perhitungan Pembebanan .....	90
1.	Beban Mati .....	90
2.	Beban Lajur D .....	90
3.	Beban Truck T .....	91
4.	Beban Angin .....	91
5.	Beban Temperatur .....	93
6.	Beban Gempa .....	93
7.	Kombinasi Pembebanan .....	94
4.2.2	Perencanaan Batang Penggantung .....	95
4.2.3	Perencanaan Konstruksi Busur .....	97
4.2.4	Stabilitas Penampang Busur .....	98
4.3.4	Bracing Portral Akhir .....	114
4.2.5	Kolom Portal Akhir .....	118
4.2.6	Ikatan Silang Portral Akhir .....	122
4.3	Perencanaan Sambungan .....	126
4.3.1	Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang .....	126
4.3.2	Sambungan Gelagar Melintang dan Batang Tarik .....	128
4.3.3	Sambungan Ikatan Angin Atas .....	130
4.3.4	Sambungan Ikatan Angin Lantai .....	132
4.3.5	Sambungan Busur Batang Atas .....	134
4.5.6	Sambungan Busur Batang Tarik .....	135
4.3.7	Sambungan Batang Diagonal Portal Akhir .....	137
4.3.8	Sambungan Bracing Portal Akhir .....	139
4.3.9	Sambungan Box Busur dan Penggantung Hanger .....	141
4.4	Perencanaan Perletakan .....	143
4.4.1	Lay out Penempatan Perletakan Jembatan .....	143
4.4.2	Kontrol Desain Perletakan Pot Bearing .....	144
4.5	Perhitungan Bangunan Bawah .....	150

4.5.1	Perhitungan Pilar .....	150
4.5.2	Perhitungan Balok Sloof Pilar .....	152
4.5.3	Perhitungan Pondasi .....	154
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		170
DAFTAR PUSTAKA .....		173



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran Las Sudut.....	20
Tabel 3.1 Faktor Beban Lajur D.....	33
Tabel 3.2 Faktor Beban Truck T .....	34
Tabel 3.3 Nilai $V_0$ dan $Z_0$ .....	35
Tabel 3.4 Spesifikasi Rod Hanger tipe Machine Threaded	38
Tabel 4. 1 Rekapitulasi pembebanan gelagar memanjang..	64
Tabel 4. 2 Gaya yang terjadi pada batang penggantung ....	96
Tabel 4. 3 Dimensi Unidirectional Pot Bearing .....	145
Tabel 4. 4 Dimensi Multiidirectional Pot Bearing .....	147
Tabel 4. 5 Dimensi Fixed Pot Bearing .....	149
Tabel 4. 6 Data Klasifikasi Tanah .....	155
Tabel 4. 7 Reaksi Kolom AS 2-D .....	156
Tabel 4. 8. Jarak Tiang Pancang Kolom .....	160

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Layout Jembatan Musi IV-Palembang .....	3
Gambar 2.1 Deck Arch Bridge.....	9
Gambar 2.2 Through Arch Bridge .....	10
Gambar 2.3 Half Through Arch Bridge .....	10
Gambar 2.4 Fixed Arch.....	11
Gambar 2.5 Two-Hinged Arch.....	12
Gambar 2.6 Three-Hinged Arch.....	12
Gambar 2.7 Tied Arch.....	12
Gambar 2.8 Gaya beban yang terjadi pada Half Through Arch Bridge .....	14
Gambar 2.9 Detail baut secara umum .....	15
Gambar 2.10 Abutment dan Pilar Jembatan.....	22
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	27
Gambar 3.2 Penentuan Dimensi Busur .....	30
Gambar 3.3 Beban Lajur D .....	32
Gambar 3.4 Ilustrasi Beban Truck .....	33
Gambar 3.5 Ilustrasi Batang Penggantung Rod .....	38
Gambar 3.6 Denah Penempatan Posisi Pot Bearing Modifikasi Jembatan Musi IV .....	41
Gambar 4. 1 Potongan Melintang Pelat Lantai Kendaraan.....	45
Gambar 4. 2 Momen Balok Menerus Potongan Melintang.....	47
Gambar 4. 3 Bidang Kritis Pada Pelat Lantai Kendaraan .....	51
Gambar 4. 4 Profil Pipe.....	56
Gambar 4. 5 Profil Balok Memanjang .....	61
Gambar 4. 6 Pembebanan pada beban mati.....	62
Gambar 4. 7 Pembebanan UDL dan KEL pada gelagar memanjang.....	62
Gambar 4. 8 Pembebanan Truk.....	63
Gambar 4. 9 Profil Balok Melintang.....	70
Gambar 4. 10 Pembebanan gelagar melintang.....	71
Gambar 4. 11 Pembebanan akibat beban UDL dan KEL.....	73

<i>Gambar 4. 12 Pembebanan akibat beban Truk (Kondisi 1)</i> .....	74
Gambar 4. 13 Pembebanan akibat beban Truk (Kondisi 2) .....	74
Gambar 4. 14 Beban merata geser sebelum komposit .....	77
Gambar 4. 15 Beban merata geser setelah komposit.....	77
Gambar 4. 16 Gaya geser akibat UDL dan KEL tidak simetris ..	78
Gambar 4. 17 Distribusi gaya pada penampang.....	81
Gambar 4. 18 Ikatan angin atas .....	84
Gambar 4. 19 Ikatan angin bawah.....	87
Gambar 4. 20 Grafik FBD .....	91
Gambar 4. 21 Grafik Response Spectrum .....	94
Gambar 4. 22 3D View Modifikasi Jembatan Musi IV .....	95
Gambar 4. 23 Aksial Forces Akibat Kombinasi Kuat 1 .....	95
Gambar 4. 24 Aksial Forces Akibat Kombinasi Kuat 3 .....	95
Gambar 4. 25 Aksial Forces Akibat Kombinasi Ekstrem 1 .....	95
Gambar 4. 26 Konstruksi Pemikul Utama.....	96
Gambar 4. 27 Konstruksi Pemikul Utama.....	97
Gambar 4. 28 Bracing batang penyangga.....	114
Gambar 4. 29 Kolom portal akhir .....	118
Gambar 4. 30 Bracing batan penyangga.....	122
Gambar 4. 31 Simpul Ikatan Angin pada Portal Akhir .....	137
Gambar 4. 32 Denah Penempatan Posisi Pot Bearing Modifikasi Jembatan MUSI IV.....	143
Gambar 4. 33 Type Perletakan Unidirectional .....	144
Gambar 4. 34 Type Perletakan Multidirectional .....	146
Gambar 4. 35 Type Perletakan Fixed .....	148
Gambar 4. 36 Letak pondasi kolom yang ditinjau .....	156
Gambar 4. 37 Posisi tiang pancang kolom .....	159

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring meningkatnya mobilitas manusia, secara tidak langsung akan mendorong laju perekonomian suatu daerah dalam memenuhi suatu kebutuhan. Untuk menunjang peningkatan kebutuhan tersebut, tentunya harus diimbangi dengan sarana transportasi yang memadai. Salah satu upaya untuk mengatasi mobilisasi suatu daerah adalah dengan pembangunan infrastruktur jembatan. Melalui pengembangan sarana transportasi ini, maka Pemerintah Daerah Sumatera Selatan bekerjasama dengan dinas Pekerjaan Umum untuk merealisasikan pembangunan Jembatan Musi IV dalam upaya mengatasi pertumbuhan lalu lintas khususnya dikala banyaknya tamu yang datang dari berbagai negara guna menyambut *Asian Games* di Kota Palembang.

Perencanaan jembatan yang menghubungkan wilayah Ilir Timur dan Sebrang Ulu Kota Palembang ini diharapkan akan mampu mendorong pengembangan wilayah serta perekonomian untuk kedua wilayah tersebut. Perencanaan awal jembatan yang melintasi sungai Musi ini didesain menggunakan struktur *Extradosed 2 Pylon* dengan panjang bentang  $\pm 320$  m dan lebar 14 m. Jembatan ini berfungsi sebagai jalur lalu lintas untuk kendaraan bermotor terbagi atas 1 jalur 2 lajur.

Dalam penulisan ini akan direncanakan Jembatan Musi IV yang baru menggunakan sistem *Box - Steel Half Through Arch Bridge* dengan panjang bentang dan lebar yang sama dengan eksisting. Dipilihnya Jembatan Busur Baja pada perencanaan ini karena dengan mempertimbangkan faktor psikologis masyarakat setempat dan juga untuk tingkat pengerjaan jembatan busur tidak selama jembatan *Extradosed*. Pemberian bentuk busur pada jembatan ini dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien (Hidajay Sugihardjo, 2007) . Selain itu jembatan busur memiliki

nilai estetika tinggi namun memiliki struktur yang sangat kuat. Ditambah lagi keseluruhan bagian pelengkung menerima tekan, dan gaya tekan ini ditransfer ke abutmen dan ditahan oleh tegangan tanah dibawah pelengkung. Tanpa gaya tarik yang diterima oleh pelengkung memungkinkan jembatan busur bisa dibuat lebih panjang dari jembatan balok dan bisa menggunakan material yang tidak mampu menerima tarik dengan baik seperti beton (Pemeliharaan Jembatan Pelengkung Baja, 2011). Struktur busur juga dapat meminimalisir kebutuhan pilar jembatan yang berada di sungai sehingga tidak mengurangi penampang basah dari sungai. (Hilmy Gugo, 2013) Pertimbangan dari perencanaan jembatan dengan lantai kendaraan di tengah (*Half Trough*) ini karena jika menggunakan lantai kendaraan di atas, deformasi yang terjadi akan semakin besar. Deformasi maksimum ditunjukkan oleh jembatan dengan busur jauh dibawah lantai kendaraan dengan posisi deformasi maksimal pada tengah bentang jembatan. Posisi lantai kendaraan di bawah menunjukan deformasi yang lebih kecil dari posisi lain. Akan tetapi posisi busur yang dengan lantai kendaraan dibawah mengakibatkan jembatan tidak stabil. (Laju Kottalil, 2016) Dengan adanya desain jembatan Musi IV yang baru ini diharapkan mampu menjawab sebuah tantangan dalam merencanakan sebuah jembatan yang kuat, efisien dan mempunyai nilai estetika yang tinggi.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari penjelasan diatas dapat ditinjau permasalahan pokok, yakni bagaimana merencanakan suatu konstruksi Jembatan Musi IV dengan menggunakan sistem *Steel Box Half Through Arch Bridge*. Detail permasalahan yang akan ditinjau dari perencanaan jembatan busur baja adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan preliminary desain awal struktur jembatan Musi IV tersebut?

2. Bagaimana menentukan asumsi pembebanan pada jembatan tersebut? Bagaimana menganalisa gaya-gaya dalam pada struktur jembatan tersebut?
3. Bagaimana merencanakan profil baja dan sambungan yang akan digunakan pada struktur jembatan tersebut?
4. Bagaimana mengontrol desain *box* baja dan sambungan terhadap kekuatan dan kestabilan struktur?
5. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan analisa ke dalam bentuk gambar rencana?



Gambar 1.1 Layout Jembatan Musi IV-Palembang

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga. (2016). *Perencanaan Teknis SHMS dan Art Lighting Jembatan Duplikasi Musi II dan Musi IV*.

### 1.3 Tujuan Perencanaan

Perencanaan Jembatan Musi IV ini mempunyai tujuan secara umum yakni, mampu merencanakan konstruksi jembatan yang

kuat menahan beban menggunakan sistem Jembatan Busur Box Baja. Adapun tujuan perencanaan jembatan secara khusus ialah:

1. Menentukan preliminary desain awal struktur jembatan Musi IV
2. Menentukan jenis pembebanan pada jembatan tersebut
3. Menganalisa gaya-gaya dalam pada struktur jembatan tersebut menggunakan aplikasi bantu SAP 2000.
4. Merencanakan profil baja dan sambungan yang akan digunakan pada struktur jembatan tersebut
5. Mengontrol desain *box* baja dan sambungan terhadap kekuatan dan kestabilan struktur
6. Memvisualisasikan hasil perhitungan dan analisa ke dalam bentuk gambar desain

#### **1.4 Batasan Masalah**

Dengan keterbatasan waktu yang ada agar perencanaan ini lebih fokus, tidak menyimpang dari pokok permasalahan yang akan dibahas dan keterbatasan penyusunan Tugas Akhir, maka perlu adanya pembatasan masalah. Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan hanya meninjau pada struktur bentang tengah jembatan.
2. Perencanaan yang ditinjau hanya pada aspek teknis saja, tidak dilakukan analisa dari segi biaya dan waktu.
3. Perhitungan sambungan dibatasi pada bagian-bagian tertentu, yang mewakili secara keseluruhan (terutama untuk bagian yang kritis).
4. Tidak memperhitungkan kondisi beban pada waktu pelaksanaan.
5. Tidak memperencanakan perkerasan jalan dan desain approach road.
6. Tidak meninjau aspek ME dan drainase pada jembatan.
7. Analisa struktur menggunakan aplikasi bantu SAP 2000.

## **1.5 Manfaat**

Manfaat yang bisa diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah dengan meningkatnya volume arus lalu lintas yang terus meningkat, jembatan yang baru ini dapat menampung dan melayani volume lalu lintas yang ada dengan tingkat keamanan dan kenyamanan yang sesuai.

1. Dengan desain Jembatan Musi IV yang baru dan lebih ikonik, jembatan ini diharapkan dapat menjadi ikon baru bagi Kota Palembang dan memberi kesan monumental.
2. Untuk dunia keteknik sipil, dengan adanya desain baru Jembatan Musi IV ini diharapkan jembatan busur baja dapat menjadi inspirasi jembatan masa depan yang lebih modern.
3. Dan manfaat untuk penulis sendiri yaitu dapat meningkatkan pengetahuan dan skill dalam ilmu perencanaan jembatan, khususnya Jembatan Busur Box Baja.



*“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Menurut (Struyk dan Veen, 1984), Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang tidak sebidang dan berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya berupa jalan air (sungai) atau jalan lalu lintas biasa.

Dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknik dan estetika-arsitektural yang meliputi: aspek lalu lintas, aspek teknis dan aspek estetika.

Dalam merencanakan sebuah jembatan terdapat beberapa pertimbangan dalam segi ekonomis maupun teknis yang disesuaikan dengan tingkat kebutuhan. Pada perkembangannya, berbagai macam dan bentuk serta material jembatan mengalami perubahan sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi konstruksi terkini.

Berikut ini beberapa klasifikasi jembatan:

- a. Menurut jenis materialnya penyusunnya, jembatan dibagi menjadi lima jenis, yaitu:
  - Jembatan Kayu
  - Jembatan Baja
  - Jembatan Beton Bertulang
  - Jembatan Beton Pratekan
  - Jembatan Komposit
- b. Berdasarkan fungsinya, jembatan dibagi menjadi beberapa jenis antara lain:
  - Jembatan Jalan Raya
  - Jembatan Kereta Api
  - Jembatan Pejalan Kaki dan Penyebrangan
  - Jembatan Khusus, misal: jembatan pipa pengairan
- c. Menurut bentangnya jembatan dibagi menjadi 4 jenis yaitu

- Bentang pendek (small span bridge), dengan panjang bentang hingga 15 meter.
  - Bentang sedang (medium span bridge), dengan panjang bentang hingga 75 meter
  - Bentang menengah (large span bridge), dengan bentang antara 50 – 150 meter
  - Bentang panjang (extra large span bridge), dengan bentang lebih dari 150 meter
- d. Menurut sistem strukturnya terdapat beberapa tipe jembatan, diantaranya:
- Jembatan Pelat (Slab Bridge)
  - Jembatan Gelagar (Girder Bridge)
  - Jembatan Busur (Arch Bridge)
  - Jembatan Rangka Batang (Truss Bridge)
  - Jembatan Gantung (Suspension Bridge)
  - Jembatan Kabel (Cable Stayed)

## **2.2 Jembatan Busur (Arch Bridge)**

Secara umum, Jembatan Busur adalah sebuah jembatan yang mempunyai bentuk struktur setengah parabola dengan abutmen di kedua sisi jembatan. Struktur setengah parabola tersebut merupakan rangka utama dari jembatan yang fungsinya menerima semua gaya-gaya yang bekerja pada jembatan.

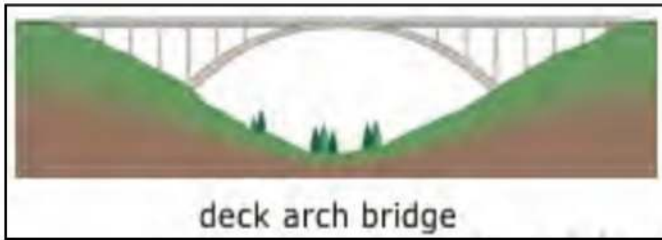
Pada prinsipnya, konstruksi dari jembatan busur dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal yang bekerja. Desain lengkung akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju abutmen yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak ke samping. Selain itu, bentuk busur setengah parabola dimaksudkan untuk memungkinkan konstruksi tersebut dapat menerima momen lentur lebih efisien bila dibandingkan dengan gelagar paralel (*Diktat Perkuliahan Jembatan Bentang Panjang, 2007*).

Jembatan busur sangat cocok untuk lintasan yang dalam, dengan tebing curam berbatu, yang dapat berfungsi sebagai tembok

pangkal alami yang efisien, terutama dalam menerima komponen horizontal dari reaksi busur.

### 2. 2. 1 Tipe Jembatan Busur

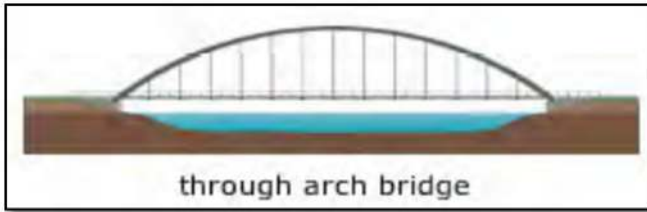
1. Tipe jembatan busur berdasarkan posisi lantai kendaraan dibagi menjadi 3, yaitu:
  - Deck Arch Bridge (Jembatan Busur dengan posisi lantai kendaraan diatas) Merupakan jembatan pelengkung yang sangat sederhana bila dibandingkan dengan tipe jembatan pelengkung lainnya. Jembatan ini dapat menahan kombinasi gaya aksial dan momen yang terjadi akibat beban lalu lintas.



Gambar 2.1 Deck Arch Bridge

Sumber: <http://www.visualdictionaryonline.com/transport-machinery/road-transport/fixed-bridges/examples-arch-bridges.php>

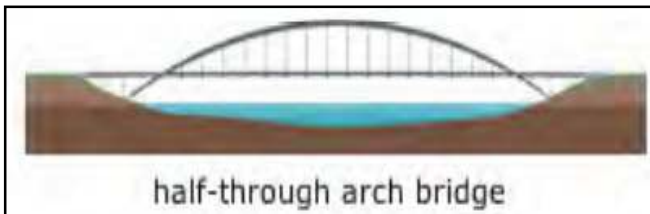
- Through Arch Bridge (Jembatan Busur dengan posisi lantai kendaraan dibawah)  
Jembatan ini memiliki konstruksi tipe pelengkung yang berada di bawah jalan raya. Beban jembatan akibat lalu lintas ditahan oleh dek jembatan kemudian diteruskan ke bagian utama pelengkung baja melalui kabel baja.



Gambar 2.2 Through Arch Bridge

Sumber: <http://www.visualdictionaryonline.com/transport-machinery/road-transport/fixed-bridges/examples-arch-bridges.php>

- Half Through Arch Bridge (Jembatan Busur dengan posisi lantai kendaraan ditengah)  
Jembatan bentuk ini dapat dibangun dengan bentuk yang besar dan tinggi, dan keseluruhan bentuknya akan tergantung pada posisi dari deck jembatan dimana lantai kendaraannya berada di antara springline dan bagian busur jembatan, atau berada di tengah-tengah.



Gambar 2.3 Half Through Arch Bridge

Sumber: <http://www.visualdictionaryonline.com/transport-machinery/road-transport/fixed-bridges/examples-arch-bridges.php>

2. Tipe konstruksi jembatan busur berdasarkan bentuk busur, yaitu

- Model busur Model busur yang mengecil di tengah, biasanya untuk tumpuan jepit.
  - Model busur yang menebal di tengah, biasanya untuk tumpuan sendi.
  - Model busur yang rata, biasanya untuk tumpuan sendi atau jepit (mempermudah erection)
3. Tipe konstruksi jembatan busur berdasarkan jenis tumpuan, yaitu
- Pelengkung terjepit (Fixed Arch)



Gambar 2.4 Fixed Arch

Sumber:

<http://classes.mst.edu/civeng217/concept/05/04/index.html>

Model busur untuk tumpuan terjepit, biasanya bentuk busurnya mengecil dibagian tengah dari sistem pelengkung. Pada sistem pelengkung terjepit ini dapat diaplikasikan untuk bentang jembatan dan kombinasi beban yang besar, dengan kondisi alas yang cukup baik.

- Pelengkung 2 sendi (Two-Hinged Arch)



### Gambar 2.5 Two-Hinged Arch

Sumber:

<http://classes.mst.edu/civeng217/concept/05/04/index.html>

Model busur yang menebal ditengah pada sistem pelengkungnya, cocok diaplikasikan pada sistem busur dengan tumpuan 2 sendi. Selain itu sistem pelengkung 2 sendi ini cocok untuk kebutuhan bentang yang tidak terlalu panjang dengan kondisi tanah alas yang cukup.

- Pelengkung 3 sendi (Three-Hinged Arch)



Gambar 2.6 Three-Hinged Arch

Sumber:

<http://classes.mst.edu/civeng217/concept/05/04/index.html>

Pelengkung 3 sendi biasanya digunakan pada struktur jembatan untuk penampang sungai yang mempunyai dasar cukup dalam. Pada kondisi ini, struktur utama dibuat pelengkung sehingga tidak memerlukan pilar ditengah-tengah sungai.

- Pelengkung tarik (Tied Arch)



Gambar 2.7 Tied Arch

Sumber:

<http://classes.mst.edu/civeng217/concept/05/04/index.html>

Untuk busur dengan sistem pelengkung tarik, bentuk busurnya disesuaikan dengan pembagian momen yang dilimpahkan ke batang tarik. Bila busurnya lebih kaku daripada batang tarik, maka busur akan lebih banyak menerima momen. Tapi sebaliknya bila busurnya lebih lemah daripada batang tarik, maka batang tarik akan lebih banyak menerima momen.

### 2.3 Sistem Kontruksi Jembatan Busur

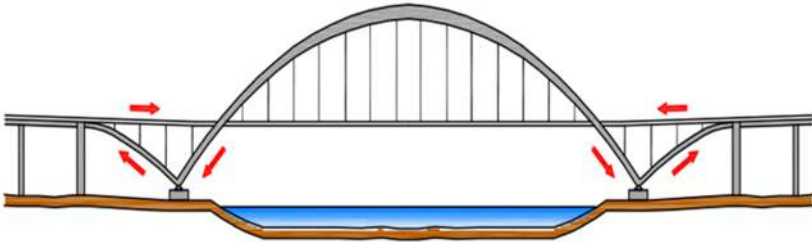
Sistem bangunan Jembatan yang telah diteliti dan dikembangkan selama bertahun-tahun dengan konsep perencanaan struktur jembatan yang berdasarkan atas seni (estetika) dan konstruksi jembatan itu sendiri. Jembatan pelengkung box busur merupakan suatu struktur jembatan dari pelengkung baja dengan bentuk penampang dari box. Konstruksi pelengkung pada jembatan merupakan rangka utama dari jembatan yang berfungsi menerima semua gaya-gaya yang bekerja pada jembatan.

“An arch is a curved structure capable of spanning a space while supporting significant weight” (busur merupakan suatu bentuk kurva yang mampu menghubungkan bentang dengan dukungan suatu berat tertentu).  
<http://id.wikipedia.org/wiki/Jembatan-Busur>

Untuk Jembatan dengan tipe *Half Through Arch*, keseluruhan bentuknya akan tergantung pada posisi dari deck jembatan tersebut. Bentuk tersebut akan membuat menjadi dua sisi yang berbeda. Sisi di mana deck dari jembatannya didukung oleh tiang - tiang dan sisi yang lain akan digantung dari *Arch Rib* – nya. Dengan kata lain, dengan jembatan *Half Through Arch* memungkinkan untuk memilih bentuk deck jembatan menjadi



suatu gaya tarik, sehingga mencapai struktur yang seimbang dan mengurangi beban yang diterima pada pondasi (Gambar 2.8).



Gambar 2.8 Gaya beban yang terjadi pada Half Through Arch Bridge

Sumber: <http://www.visualdictionaryonline.com/transport-machinery/road-transport/fixed-bridges/examples-arch-bridges.php>

Pada prinsipnya konstruksi dari jembatan busur dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal yang bekerja, selain itu jembatan busur dapat menerima momen lentur lebih efisien dibandingkan dengan gelagar parallel (*Diktat Perkuliahan Jembatan Bentang Panjang*, 2007). Sedangkan, jembatan busur menurut (Struyk dan Veen, 1984), merupakan jembatan yang pada konstruksi gelagar-gelagar induknya dibangun oleh busur-busur. Jembatan ini mengadakan reaksi tumpuan yang arahnya tegak lurus terhadap beban.

## 2.4 Sambungan

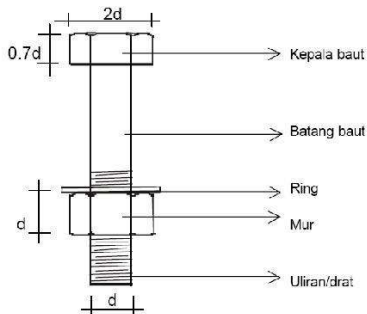
Sambungan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sebuah struktur baja. Sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya dalam (momen, lintang/geser, dan/atau aksial) antar komponen-komponen yang disambung, sesuai dengan perilaku struktur yang direncanakan. Keandalan sebuah struktur baja untuk

bekerja dengan mekanisme yang direncanakan sangat tergantung oleh keandalan sambungan.

### 2. 4. 1 Sambungan Baut

Baut adalah alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci (lihat Gambar 2.9).

Terdapat dua jenis baut yang biasa dipakai pada konstruksi baja. Pertama adalah baut biasa yang dipakai pada struktur ringan yang menahan beban statis atau untuk menyambung batang-batang sekunder. Jenis yang kedua adalah baut tegangan tinggi (mutu tinggi) dengan pemasangan dikencangkan sedemikian rupa sehingga menahan suatu tekanan yang besar dan bisa menjepit dengan keras bagian-bagian struktur yang disambung.



Gambar 2.9 Detail baut secara umum

Sumber:

<http://srcivilengineering.blogspot.co.id/2013/12/sambungan-las-paku-keling-dan-baut-pada.html>

#### a. Kuat Rencana Baut

Sebuah sambungan baut yang memikul gaya terfaktor,  $R_u$ , harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi:

$$R_u \leq \phi R_n \quad (2-1)$$

Dimana:

$\phi$  = faktor reduksi kuat sambungan baut = 0,75

$R_n$  = kuat nominal terkecil dari baut, elemen struktur yang disambung dan pelat penyambung.

Nilai kuat nominal  $R_n$  ditentukan sesuai dengan mekanisme transfer gaya-gaya dalam yang harus dipikul sistem sambungan.

- **Baut dalam geser**

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut:

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_1 f_u^b A_b \quad (2-2)$$

Keterangan :

$r_1$  = 0.5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

$r_1$  = 0.4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$\phi_f$  = 0.75 adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$f_u^b$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

Kuat geser nominal baut yang mempunyai beberapa bidang geser (bidang geser majemuk) adalah jumlah kekuatan masing masing yang dihitung untuk setiap bidang geser.

- **Baut yang memikul gaya tarik**

Kuat tarik rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b \quad (2-3)$$

Keterangan :

$\phi_f$  = 0.75 adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$f_u^b$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

- **Baut pada sambungan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan tarik**

Baut yang memikul gaya geser terfaktor,  $V_u$ , dan gaya tarik terfaktor,  $T_u$ , secara bersamaan harus memenuhi kedua persyaratan berikut ini:

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n A_b} \leq r_1 \phi f_u^b \quad (2-4)$$

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b \geq \frac{T_u}{n} \quad (2-5)$$

$$f_1 \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2$$

Dimana:

$\phi_f = 0.75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$n$  = jumlah baut

$m$  = jumlah bidang geser

untuk baut mutu tinggi:

$f_1 = 807 \text{ Mpa}$  ,  $f_2 = 310 \text{ Mpa}$

$r_2 = 1.9$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$r_2 = 1.5$  untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

untuk baut mutu normal:

$f_1 = 410 \text{ Mpa}$  ,  $f_2 = 310 \text{ Mpa}$

$r_2 = 1.9$

## **b. Tata Letak Baut**

Tata letak baut sangat mempengaruhi kinerja sistem sambungan. Pengaturan ini dilakukan untuk mencegah kegagalan pada plat dan untuk memudahkan pemasangan, akan tetapi disarankan agar jarak antar baut tidak terlalu besar untuk mencegah pemborosan bahan yang disambung serta mengurangi variasi tegangan di antara baut dan mencegah korosi.

- Jarak tepi minimum

Jarak minimum dari pusat pengencang ke tepi plat atau plat sayap profil harus memenuhi spesifikasi:

- Tepi dipotong dengan tangan 1,75 db
  - Tepi dipotong dengan mesin 1,50 db
  - Tepi profil bukan hasil potongan 1,25 db
- Dengan db adalah diameter nominal baut pada daerah tak berulir

- Jarak maksimum

Jarak antar baut ditentukan tidak boleh lebih besar dari 15 tp (dengan tp adalah tebal plat lapis tertipis di dalam sambungan), atau 200 mm.

- Jarak tepi maksimum

Jarak dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain tidak boleh lebih dari 12 kali tebal plat lapis luar tertipis dalam sambungan dan juga tidak boleh melebihi 150 mm.

## **2. 4. 2 Sambungan Las**

Proses pengelasan adalah proses penyambungan dua potong logam dengan cara memanaskan baja hingga mencapai suhu leleh dengan ataupun tanpa bahan pengisi. Pada umumnya mutu kawat las (bahan pengisi) lebih besar atau sama dengan mutu baja yang akan disambung. Pada pelaksanaannya terdapat beberapa tipe sambungan las antara lain:

### **a. Las Tumpul**

Las Tumpul Penetrasi Penuh adalah las tumpul di mana terdapat penyatuan antara las dan bahan induk sepanjang kedalaman penuh sambungan. Las Tumpul Penetrasi Sebagian adalah las tumpul di mana kedalaman penetrasi lebih kecil daripada kedalaman penuh sambungan. Ukuran las adalah jarak antara permukaan luar las (tidak termasuk perkuatannya) terhadap

kedalaman penetrasinya yang terkecil. Khusus sambungan antara dua bagian yang membentuk T atau siku, ukuran las penetrasi penuh adalah tebal bagian yang menumpu. Tebal rencana las ditetapkan sebagai berikut:

- Las Tumpul Penetrasi Penuh: tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi penuh adalah ukuran las.
- Las Tumpul Penetrasi Sebagian: tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi sebagian ditetapkan sesuai dengan ketentuan dibawah ini:
  - Sudut antar bagian yang disambung  $\leq 60^\circ$   
 Satu sisi:  $tt = (d - 3) \text{ mm}$   
 Dua sisi:  $tt = (d_3 + d_4 - 6) \text{ mm}$
  - Sudut antara bagian yang disambung  $> 60^\circ$   
 Satu sisi:  $tt = d \text{ mm}$   
 Dua sisi:  $tt = (d_3 + d_4) \text{ mm}$

Dengan  $d$  adalah kemanan yang dipersiapkan untuk las ( $d_3$  dan  $d_4$  adalah nilai untuk tiap sisi las).

Panjang efektif las tumpul adalah panjang las ukuran penuh yang menerus. Luas efektif las tumpul adalah perkalian panjang efektif dengan tebal rencana las. Sambungan las tumpul antara bagian yang tebalnya berbeda atau lebarnya tidak sama yang memikul gaya tarik harus mempunyai peralihan halus antara permukaan dan ujung. Peralihan harus dibuat dengan melandaikan bagian yang lebih tebal atau dengan melandaikan permukaan las atau dengan kombinasi dari keduanya. Kelandaian peralihan antara bagian-bagian tidak boleh lebih tajam dari 1:1.

## **b. Las Sudut**

Ukuran las sudut ditentukan oleh panjang kaki. Panjang kaki harus ditentukan sebagai panjang  $tw_1$ ,  $tw_2$ , dari sisi yang terletak sepanjang kaki segitiga yang terbentuk dalam penampang melintang las (lihat SNI 03-1729-2002 Gambar 13.5-2). Bila kakinya sama panjang, ukurannya adalah  $tw$ . Bila terdapat sela akar, ukuran  $tw$  diberikan oleh panjang kaki segitiga yang

terbentuk dengan mengurangi sela akar. Ukuran minimum las sudut, selain dari las sudut yang digunakan untuk memperkuat las tumpul, ditetapkan sesuai dengan Tabel 2.1 kecuali bila ukuran las tidak boleh melebihi tebal bagian yang tertipis dalam sambungan.

Tabel 2.1 Ukuran Las Sudut

Tebal bagian paling tebal, $t$ (mm)	Tebal minimum las sudut, $t_w$ (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Tabel 13.5-1. Halaman 109.

- Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi  
Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi komponen yang disambung adalah:
  - Untuk komponen dengan tebal kurang dari 6.4 mm, diambil setebal komponen
  - Untuk komponen dengan tebal 6.5 mm atau lebih, diambil 1.6 mm kurang dari tebal komponen kecuali jika dirancang agar memperoleh tebal las tertentu.
- Panjang efektif  
Panjang efektif las sudut adalah seluruh panjang las sudut berukuran penuh. Panjang efektif las sudut paling tidak harus 4 kali ukuran las; jika kurang, maka ukuran las untuk perencanaan harus dianggap sebesar 0,25 dikali panjang efektif. Persyaratan panjang minimum berlaku juga pada sambungan pelat yang bertumpuk (*lap*). Tiap segmen las sudut yang tidak menerus (selang-seling) harus mempunyai panjang efektif tidak kurang dari 40 mm dan 4 kali ukuran

nominal las. Luas efektif las sudut adalah perkalian panjang efektif dan tebal rencana las.

- Kuat las sudut

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las,  $R_u$ , harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_{nw} \quad (2-6)$$

Dengan,

$$\phi f R_{nw} = 0,75 t t (0,6 f_{uw}) \text{ (las)}$$

$$\phi f R_{nw} = 0,75 t t (0,6 f_u) \text{ (bahan dasar)}$$

dengan  $\phi f = 0,75$  faktor reduksi kekuatan saat fraktur

Keterangan:

$f_{uw}$  adalah tegangan tarik putus logam las, Mpa

$f_u$  adalah tegangan tarik putus bahan dasar, Mpa

$t t$  adalah tebal rencana las, mm

## 2.5 Perencanaan Struktur Bangunan Bawah

Struktur bangunan bawah jembatan adalah bagian dari struktur jembatan yang umumnya terletak di sebelah bawah bangunan atas dengan fungsi untuk menerima dan memikul beban dari bangunan atas agar dapat disalurkan kepada pondasi. Bangunan bawah dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu kepala jembatan (abutment) atau pilar (pier) dan pondasi untuk kepala jembatan atau pilar. Struktur bangunan bawah perlu didesain khusus sesuai dengan jenis kekuatan tanah dasar dan elevasi jembatan.

### 2.5.1 Kepala Jembatan (Abutment)

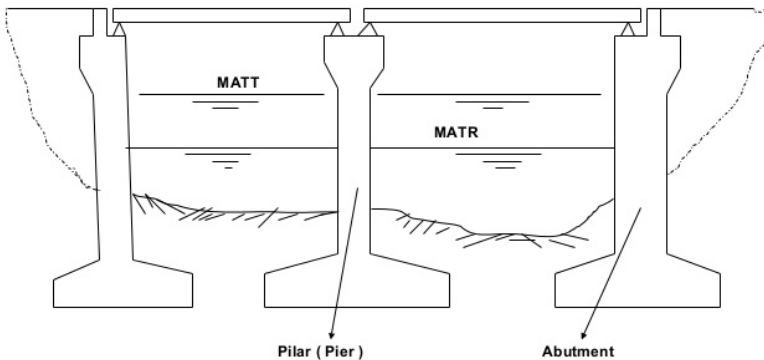
Abutment terletak diujung dari sebuah jembatan. Selain meneruskan beban-beban dari struktur atas jembatan, abutment juga berfungsi sebagai penahan tanah. Umumnya, abutment dilengkapi dengan konstruksi dinding sayap (wing wall) yang berfungsi menahan tanah dalam arah tegak lurus as jembatan.



### 2. 5. 2 Pilar Jembatan (Pier)

Berbeda dengan abutment, yang selalu ada di setiap jembatan, maka pilar belum tentu ada di suatu konstruksi jembatan. Pilar merupakan suatu struktur yang berfungsi untuk membagi bentang suatu jembatan dan meneruskan beban struktur atas kepada pondasi.

Pada umumnya, pilar diletakkan ditengah bentang jembatan sehingga terkena pengaruh aliran sungai. Untuk menanggulangi masalah tersebut maka pada perencanaannya, direncanakan selain segi kekuatannya juga di lihat pula dari segi keamanannya.



Gambar 2.10 Abutment dan Pilar Jembatan

Sumber: <http://www.slideshare.net/ngofatidore/kuliah-minggu-ke-9-struktur-jembatan06-nopb2012>

### 2. 5. 3 Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas dan bangunan bawah ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya (Gunawan, 1990).

Untuk tujuan itu maka pondasi bangunan harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap

berat sendiri, beban-beban yang bekerja dan gaya-gaya luar seperti tekanan angin dan gempa bumi.

**a. Pondasi Dangkal**

Pondasi dangkal digunakan apabila lapisan tanah pondasi yang telah diperhitungkan mampu memikul beban-beban di atasnya. Atau dengan kata lain abutment/pilar dapat memikul beban-beban yang terjadi sendiri.

**b. Pondasi Dalam**

Pondasi dalam sering juga dinamakan pondasi tak langsung, alasannya ialah karena beban-beban yang akan diteruskan ke lapisan tanah yang mampu memikulnya, letak dalam dari tanah setempat, sehingga terlebih dahulu harus disalurkan melewati suatu konstruksi penerus

*“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”*

## **BAB III METODOLOGI**

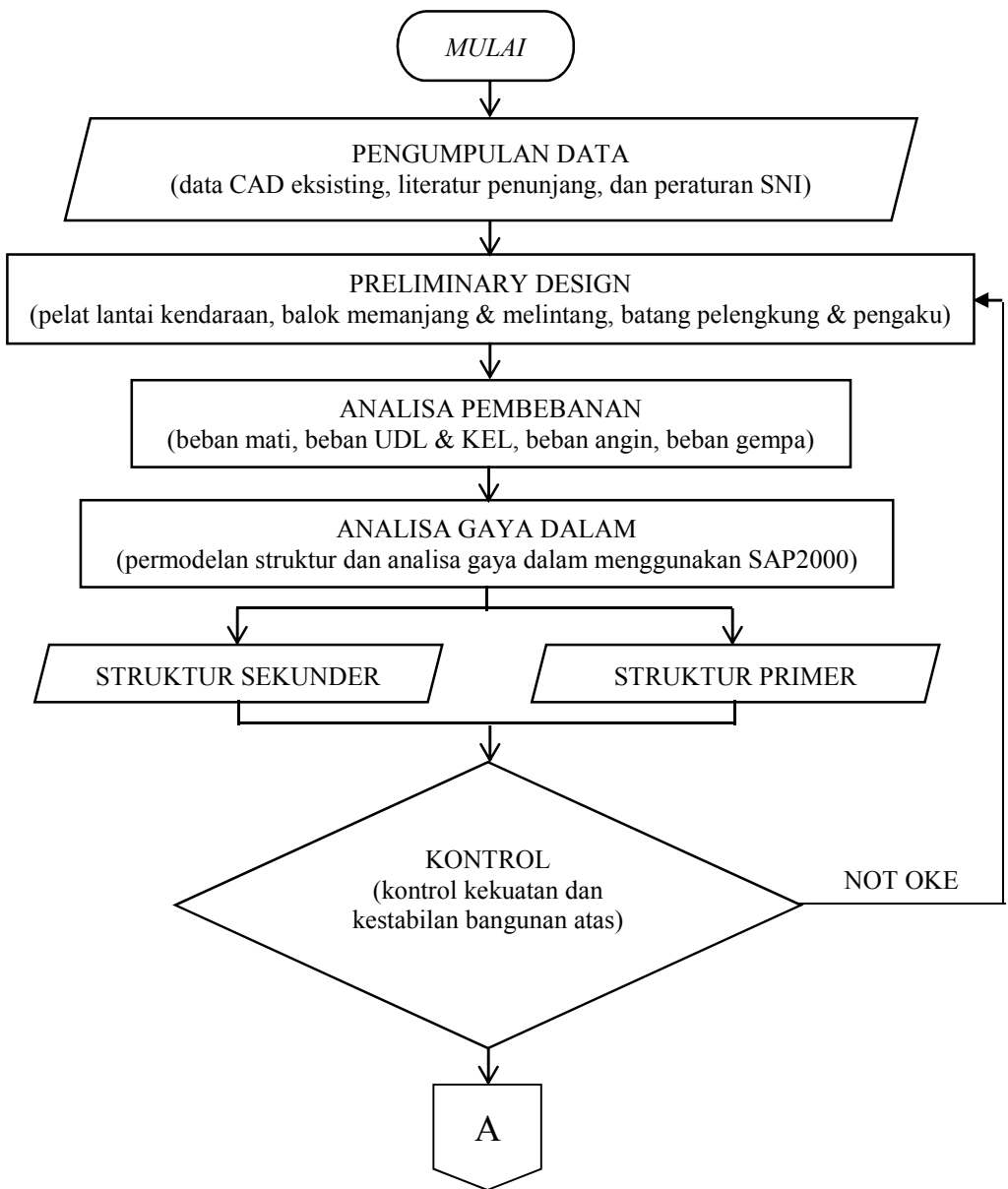
### **3.1 Umum**

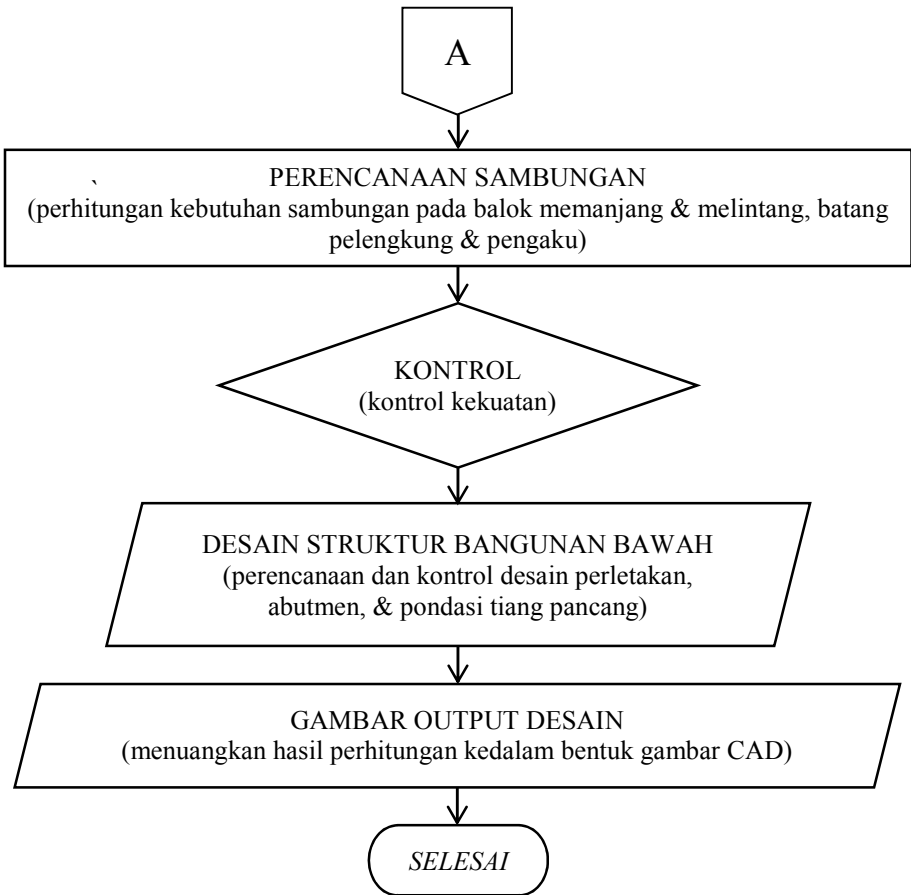
Dalam Modifikasi Struktur Jembatan Musi IV ini akan diuraikan tahapan – tahapan atau urutan pengerjaan penyelesaian Tugas Akhir. Dimulai dari pengumpulan data, studi literatur yang berkaitan dengan sistem *steel box half through arch*, preliminary design, perencanaan beban, analisa gaya dalam, perencanaan struktur, kesimpulan berupa hasil desain dari modifikasi, dan dituangkan dalam bentuk gambar.

### **3.2 Diagram Alir**

Diagram alir adalah tahapan – tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Dimana adanya diagram alir, diharapkan mempermudah penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tahapan – tahapan dari “Modifikasi Struktur Jembatan Musi IV Menggunakan Sistem *Steel Box Half Through Arch*” adalah sebagai berikut:





Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.3 Pengumpulan Data

Mengumpulkan data – data yang diperlukan berupa:

#### 3.3.1 Data Umum Bangunan

Nama bangunan: Jembatan Musi IV  
 Lokasi : Palembang, Sumatera Selatan  
 Fungsi : Jembatan jalan raya  
 Panjang bentang : 320 m  
 Lebar jembatan : 14 m  
 Struktur bangunan : Balok Prestressed U-Girder  
 Sistem bangunan : *Extradose bridge* dengan 2 pylon

#### 3.3.2 Data Modifikasi

Nama bangunan: Jembatan Musi IV  
 Lokasi : Palembang, Sumatera Selatan  
 Fungsi : Jembatan jalan raya  
 Panjang bentang : 320 m  
 Lebar jembatan : 14 m  
 Struktur bangunan : Balok PCI girder  
 Sistem bangunan : *Arch bridge*

#### 3.3.3 Data Gambar

Gambar arsitek : Denah dan gambar tampak jembatan  
 Gambar struktur : Denah struktur, tampak potongan, dan detail

#### 3.3.4 Data Bahan

Mutu beton plat	$(f'_c)$	= 30	MPa
Mutu baja tulangan	$(f_y)$	= 390	MPa
Mutu baja struktur sekunder	(BJ)	= 41	
	$(f_y)$	= 250	Mpa

	$(f_u)$	= 410	MPa
Mutu baja struktur utama	$(f_y)$	= 355	Mpa
	$(f_u)$	= 565	MPa
Mutu baja sambungan	HTB A490		
	$(f_u)$	= 1035	MPa

### 3.4 Studi Literatur

Melakukan studi referensi berupa: peraturan, buku pustaka, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem *steel box half through arch*.

#### 3.4.1 Peraturan Yang Berkaitan

1. Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan (RSNI T-03-2005).
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja (SNI 1729:2002).
3. Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725:2016).
4. Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa (RSNI 2833:2013).
5. Dinas Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (BMS, 1992).

#### 3.4.2 Literatur Yang Berkaitan

1. Setiawan, Agus. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD Edisi Kedua*. Erlangga, 2008
2. Gunawan, R dan Morisco. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Kanisius, 1987.
3. Victor, D. Johnson. *Essentials of Bridge Engineering*, 1980
4. Harwijono. Sugihardjo, Hidayat. Irawan, Joko. *Diktat Perkuliahan Jembatan Bentang Panjang*, 2007

### 3.5 Preliminary Desain



Preliminary desain adalah perencanaan awal berupa dimensi elemen struktur yang direncanakan. Berikut ini adalah elemen – elemen yang direncanakan:

### 3.5.1 Tebal Pelat Lantai Kendaraan

Pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum  $t_s$ , yang memenuhi kedua ketentuan berikut:

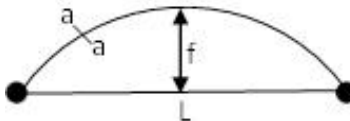
Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, sesuai pasal 9.5.3.3 tebal minimumnya ( $h$ ) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a.  $t_s \geq 200 \text{ mm}$
- b.  $t_s \geq 100 + 40 b_l \text{ (mm)}$

Dimana:

$b_l$  = Jarak gelagar memanjang dari jembatan dalam meter

### 3.5.2 Penentuan Dimensi Busur



Gambar 3.2 Penentuan Dimensi Busur

Sumber: Hidajat Sugihardjo dkk. (2007). *Kuliah Rekayasa Jembatan Bentang Panjang*.

- Tinggi Busur

$$\text{Syarat: } \frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \quad (3-1)$$

- Panjang Panel

$$\text{Syarat: } \lambda \leq \frac{1}{15} L \quad (3-2)$$

- Tinggi Tampang Box Busur

$$\text{Syarat: } \frac{1}{80} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{70} \quad (3-3)$$

- Panjang Penggantung Busur

$$\text{Syarat: } y_n = \frac{4fX(L-X)}{L^2} \quad (3-4)$$

- Lebar Jembatan

$$\text{Syarat: } \frac{b}{L} \geq \frac{1}{20} \quad (3-5)$$

Dimana:

$f$  = tinggi busur

$L$  = panjang bentang busur

$\lambda$  = panjang panel

$t$  = tinggi tampang busur

$y_n$  = panjang penggantung busur

$X$  = jarak horizontal penggantung dari ujung  $L$

$b$  = jarak perletakan kiri – kanan paling luar

### 3.5.3 Dimensi Balok Memanjang dan Melintang

Dimensi balok memanjang dan melintang direncanakan menggunakan profil baja hasil fabrikasi sesuai dengan Tabel Profil Konstruksi Baja (Gunawan dan Morisco).

### 3.6 Perencanaan Pembebanan

Perencanaan pembebanan dihitung untuk kemudian di-*input* pada program bantu SAP 2000. Beban yang digunakan sesuai dengan standar pembebanan untuk jembatan (SNI 1725:2016) dimana disebutkan bahwa pembebanan yang bekerja pada struktur jembatan terdiri dari beban mati (berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup, beban angin, beban temperatur dan beban gempa.

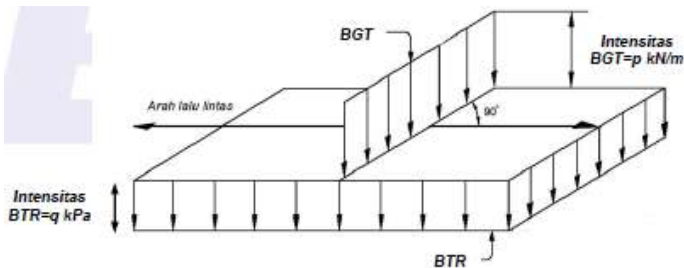
### 3.6.1 Beban Mati

Beban mati pada perencanaan ini meliputi berat sendiri dari masing – masing elemen struktur dan berat mati tambahan yang berupa berat pelat lantai kendaraan dan aspal. Besarnya beban - beban mati tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

Beton =  $2400 \text{ kg/m}^3$  Aspal =  $2200 \text{ kg/m}^3$

### 3.6.2 Beban Lajur D

Beban lajur “D” menurut SNI 1725:2016 Pasal 8.3 terdiri dari beban tersebar merata (UDL) yang digabung dengan beban garis (KEL), lihat Gambar 3.5 berikut :



Gambar 3.3 Beban Lajur D

Sumber: Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Gambar 24. Halaman 39.

Beban terbagi rata (UDL) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dengan besarnya  $q$  tergantung pada panjang total :

$$L \leq 30\text{m} : q = 9.0 \text{ kPa} \quad (3-6)$$

$$L \geq 30\text{m} : q = 9.0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa} \quad (3-7)$$

Panjang yang dibebankan  $L$  adalah panjang total UDL yang bekerja pada jembatan. Beban garis (KEL) dengan intensitas  $p$  KN/m harus ditempatkan tegak lurus arah lalu-lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $p$  adalah  $49.0 \text{ kN/m}$ .

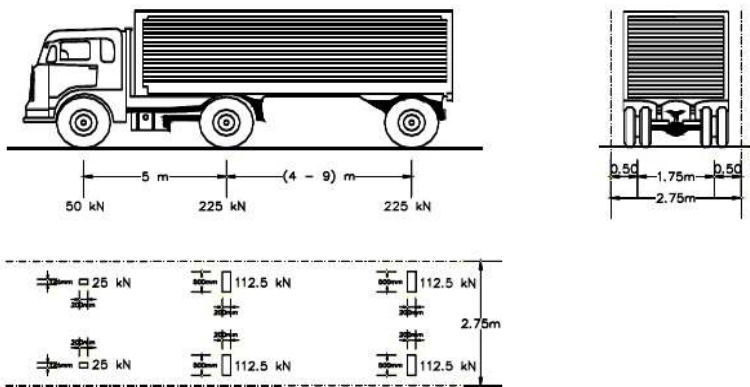
Tabel 3.1 Faktor Beban Lajur D

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban ( $Y_{TD}$ )	
		Keadaan Batas Layan ( $Y^S_{TD}$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $Y^U_{TD}$ )
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

Sumber: Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Tabel 12. Halaman 39.

3.6.3    **Beban Truck T**

Pembebanan truk “T” menurut SNI 1725:2016 Pasal 8.4 terdiri dari kendaraan truk semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti pada Gambar 3.. Berat sendiri dari masing-masing as disebar menjadi dua beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai . jarak antara dua as tersebut antara 4.0 m sampai dengan 9.0m, hal ini dikarenakan untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Kendaraan truk “T” ini harus ditempatkan di tengah-tengah lajur lalu lintas rencana.



Gambar 3.4 Ilustrasi Beban Truck

Sumber: Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Gambar 26. Halaman 41.

Tabel 3.2 Faktor Beban Truck T

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{TT}^L$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{TT}^U$ )
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

Sumber: Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Tabel 13. Halaman 41.

### 3.6.4 Beban Angin

- Tekanan Angin Horizontal

Tekanan angin menurut SNI 1725:2016 Pasal 9.6.1 yang ditentukan untuk angin horizontal diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar ( $V_B$ ) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm di atas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana  $V_{DZ}$  harus dihitung dengan persamaan berikut:

$$v_{DZ} = 2,5 v_o \left( \frac{v_{10}}{v_B} \right) \ln \left( \frac{z}{z_o} \right) \quad (3-8)$$

Dimana :

- $V_{DZ}$  : kecepatan angin rencana pada elevasi rencana,  $Z$  (km/jam)
- $V_o$  : kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi,

- untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam)
- $V_{10}$  : kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam)
- $V_B$  : kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm
- $Z$  : elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air di mana beban angin rencana dihitung ( $Z > 1000$  mm)
- $Z_0$  : panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meterologi

Tabel 3.3 Nilai  $V_0$  dan  $Z_0$ 

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
$V_0$ (km/jam)	13,2	17,6	19,3
$Z_0$ (mm)	70	1000	2500

Sumber: Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Tabel 28. Halaman 56.

- Beban Angin Pada Struktur (Ews)

Tekanan angin rencana (MPa) dapat ditetapkan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_D = P_B \left( \frac{v_{DZ}}{v_B} \right)^2 \quad (3-9)$$

Dimana :

$P_B$  : tekanan angin dasar

### 3.6.5 Beban Temperatur

Temperatur yang digunakan adalah sebesar 25<sup>0</sup> celcius, dengan asumsi pada saat pemasangan tidak memperhatikan beban temperatur.

### 3.6.6 Beban Gempa

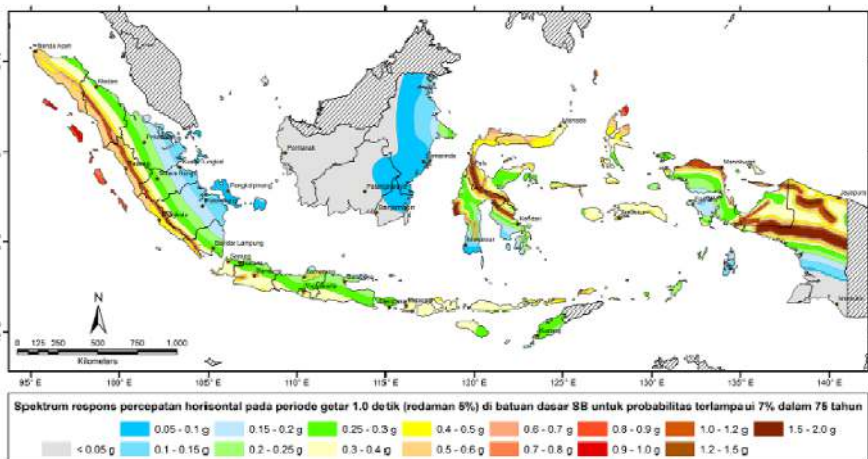
Simulasi pembebanan terhadap beban gempa ditinjau secara statik maupun dinamis, sedangkan besaran gaya gempa statik ekivalen merujuk pada persamaan SNI 2833-2013 tentang tata cara pembebanan gempa untuk jembatan, sebagai berikut:

$$EQ = \frac{C_m}{R} W_t \quad (3-10)$$

Dimana :

- EQ : gaya gempa horizontal statis
- C<sub>m</sub> : koefesien respon gempa elastik
- W<sub>t</sub> : berat total struktur
- R : faktor modifikasi respon

Untuk perencanaan gaya gempa yang dihasilkan pada analisa dinamis, dimana letak bangunan terletak pada zona 2.

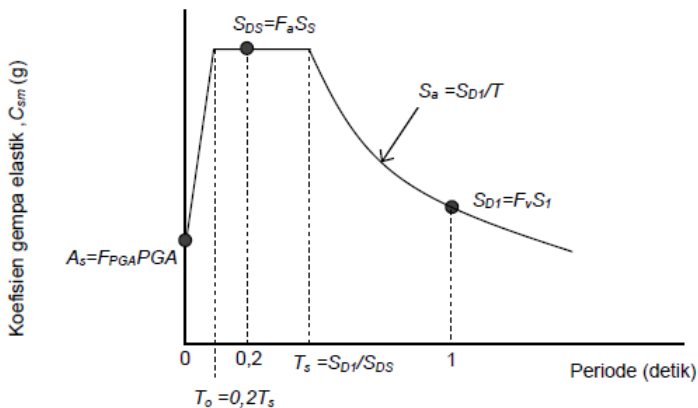


Gambar 6 - Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Gambar 3.5 Peta Respon Spektra perc 1 detik untuk probabilitas 7% 75 tahun

Sumber: Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2833-2013 Gempa untuk Jembatan*.  
Halaman 16.

Untuk proses perhitungan dengan bantuan SAP2000, dimasukkan grafik respon spectrum Gempa Rencana dari zona bangunan seperti grafik berikut.

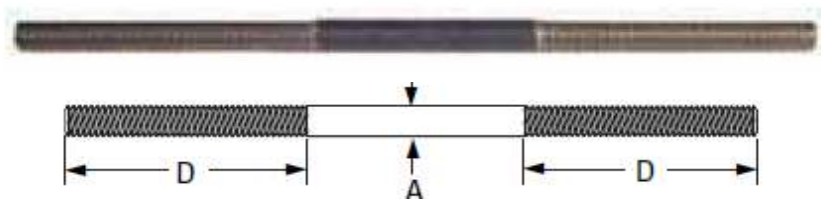


Gambar 3.6 Bentuk Tipikal Respon Spektra

Sumber: Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2833-2013 Gempa untuk Jembatan*.  
Halaman 20.

### 3.7 Perencanaan Kabel Penggantung

Hanger/penggantung direncanakan menggunakan tipe rod (baja bulat berulir). Dalam perencanaannya, akan digunakan spesifikasi hanger pabrian ANVIL – International inc.





Gambar 3.5 Ilustrasi Batang Penggantung Rod  
 Sumber: ANVIL. (2016). *Brochure of Pipe Hangers & Support*.  
 Halaman 96.

Tabel 3.4 Spesifikasi Rod Hanger tipe Machine Threaded

FIG. 140, 253: LOADS (LBS) • DIMENSIONS (IN)				
Rod Size A	Threads per Inch	Max Load		Standard Rod Thread Length D*
		650° F	750° F	
3/8	16	730	572	2 1/2
1/2	13	1,350	1,057	
5/8	11	2,160	1,692	
3/4	10	3,230	2,530	3
7/8	9	4,480	3,508	3 1/2
1	8	5,900	4,620	4
1 1/4	7	9,500	7,440	5
1 1/2	6	13,800	10,807	6
1 3/4	5	18,600	14,566	7
2	4 1/2	24,600	19,265	8
2 1/4	4 1/2	32,300	25,295	9
2 1/2	4	39,800	31,169	10

FIG. 140, 253: LOADS (LBS) • DIMENSIONS (IN) (CONT.)				
Rod Size A	Threads per Inch	Max Load		Standard Rod Thread Length D*
		650° F	750° F	
2 3/4	4	49,400	38,687	11
3	4	60,100	47,066	12
3 1/4	4	71,900	56,307	13
3 1/2	4	84,700	66,331	14
3 3/4	4	98,500	77,139	15
4	4	113,400	88,807	
4 1/4	4 UN	129,400	101,337	
4 1/2	4 UN	146,600	114,807	18
4 3/4	4 UN	164,700	128,982	
5	4 UN	184,000	144,096	

Sumber: ANVIL. (2016). *Brochure of Pipe Hangers & Support*.  
 Halaman 96.

### 3.8 Permodelan Pada SAP

Setelah melalui tahap preliminary desain dan perencanaan pembebanan, dilakukan permodelan struktur jembatan busur box baja kemudian beban yang sudah direncanakan dibebankan pada model jembatan yang telah dibuat serta melakukan analisa struktur jembatan dengan program bantu SAP 2000.

### 3.9 Kontrol Terhadap Gaya Dalam

Dari Run Analysis pada program bantu SAP 2000 di dapat output gaya dalam struktur berupa momen, gaya nominal, dan gaya

lintang. Dari gaya yang didapat perlu dilakukan perhitungan kontrol terhadap gaya dalam sesuai SNI 1729:2002 :

Kontrol Kapasitas Tekan

- Mencari angka kelangsingan:

$$\lambda = \frac{KcL}{i} \quad (3-11)$$

- Menghitung gaya tekuk elastis:

$$N_{cr} = \frac{V_u}{nA_b} \quad (3-12)$$

- Menghitung parameter kelangsingan batang baja:

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (3-13)$$

Dimana:

$$\lambda_c \leq 0,25 \quad \omega = 1$$

$$0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2 \quad \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$$

$$\lambda_c \geq 1,25 \quad \omega = 1,25 \lambda_c^2$$

- Kuat nominal:

$$P_n = A_g \frac{f_y}{w} \quad (3-14)$$

- Syarat kuat rencana:

$$\phi P_n \geq P_u \quad \phi = 0,85 \quad (3-15)$$

Kontrol Local Buckling

- Sayap :  $\frac{b}{2t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (3-16)$

- Badan :  $\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (3-17)$

Kontrol Kapasitas Lateral Buckling

- $L_B$  = Jarak penahan lateral

$$\bullet \quad L_P = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3-18)$$

$$\bullet \quad L_R = i_y \left( \frac{x_1}{f_y - f_r} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + \left( x_2 f_L^2 \right)}} \quad (3-19)$$

Dimana :

$L_B < L_R$  (bentang pendek)

$L_P \leq L_B \leq L_R$  (bentang menengah)

$L_B > L_R$  (bentang panjang)

### Kontrol Kapasitas Lentur

$$C_b = \frac{x_1}{\left( 2,5 M_{\max} + 2 M_A + 4 M_B + 3 M_C \right)} \leq 2,3 \quad (3-20)$$

Kuat nominal lentur penampang

Bentang pendek :  $M_n = M_p$

Bentang menengah :

$$M_n = C_b \left( M_R + (M_P - M_R) \frac{L_R - L_B}{L_R - L_P} \right) \leq M_p \quad (3-21)$$

Bentang panjang :  $M_n = M_{cr}$

### Kontrol Kapasitas Geser

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \quad (3-22)$$

$$V_n = 0,9 \times 0,6 \times f_y \times A_w > V_u$$

Cek Kapasitas

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8 \phi M_{ux}}{9 \phi M_{nx}} + \frac{8 \phi M_{uy}}{9 \phi M_{ny}} < 1 \quad (3-23)$$

## 3.10 Perhitungan Sambungan

Pada perencanaan sambungan yang digunakan pada tugas akhir kali ini adalah sambungan baut tipe friksi.

Sambungan Tipe Geser

$$\bullet \text{ Kuat geser (Vd)} = \phi f_s^b A_b m \quad (3-24)$$

$$\bullet \text{ Kuat tumpu (Rd)} = \phi 2,4 d_b t_p f_t^b A_b \quad (3-25)$$

$$\bullet \text{ Kuat tarik (Td)} = \phi f_t^b A_b \quad (3-26)$$

Sambungan Tipe Gesek

$$\bullet \text{ Kuat geser nominal (Vn)} = 1,13 \mu m T_b \quad (3-27)$$

Jumlah Baut Perlu

$$n = \frac{V_u}{V_d} \quad (3-28)$$

### 3.11 Desain Perletakan

Pada perencanaan jembatan Musi IV ini akan digunakan landasan jembatan yang berfungsi meneruskan beban dari bangunan atas ke bangunan bawah jembatan. Landasan yang digunakan pada jembatan ini merupakan pelat baja sirkular (pot bearing). Dengan penggunaan landasan pot bearing tersebut akan mampu mengakomodasi perpindahan arah akibat beban yang ada.

Desain dari pot bearing merupakan elemen pabrikasi dari *TETRON CD - FREYSSINET*



Gambar 3.6 Denah Penempatan Posisi Pot Bearing Modifikasi Jembatan Musi IV

Dimana :



: pot bearing tipe unidirectional



: pot bearing tipe fixed (memungkinkan tidak adanya gerakan)



: pot bearing tipe multidirectional  
(memungkinkan 2 gerakan arah lateral )

### 3.12 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang itu sendiri dengan jalan menyerap lendutan. Pondasi tiang ini dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal dari tiang pancang tersebut dengan tumpuan pondasi.

Daya dukung suatu tiang harus ditinjau berdasarkan kekuatan tanah tempat tiang ditanam. Hasil daya dukung yang terendah adalah yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Berikut adalah rumus daya dukung Meyerhof yang telah dimodifikasi oleh WIK A :

$$Q_L = 40 N A_p + \left( \frac{A_s N_{av}}{5} \right) \quad (3-29)$$

Dimana :

$Q_L$  = daya dukung tanah maksimum (ton)

$N$  = harga SPT di dasar pondasi

$N_{av}$  = harga  $N$  rata – rata disepanjang tiang yang terbenam

$A_p$  = luas penampang tiang pancang

$A_s$  = luas keliling tiang pancang

Untuk perhitungan daya dukung tiang dalam kelompok, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan apa yang disebut koefisien efisiensi.

$$Q_{kel} = Q_{ijin\ 1\ tiang} \times n \times \eta \quad (3-30)$$

Dengan,

$$\eta = 1 - \left( \arctg \left( \frac{D}{S} \right) \left( \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn} \right) \right) \quad (3-31)$$

Dimana :

- n = jumlah tiang dalam kelompok
- $\eta$  = koefisien efisiensi (Converse – Labarre)
- D = diameter sebuah tiang pancang
- S = jarak antar tiang pancang
- m = jumlah baris tiang dalam kelompok

### 3.13 Gambar Hasil Desain

Semua hasil perencanaan Modifikasi Jembatan Musi IV dituangkan dalam bentuk gambar struktur menggunakan program bantu CAD.

*“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”*

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Perencanaan Struktur Sekunder

#### 4.1.1 Perencanaan Tebal Pelat Lantai Kendaraan

##### a. Perencanaan Dimensi Pelat

➤ Data Perencanaan:

- Bentang sumbu panjang ( $l_y$ ) = 5,00 m
- Bentang sumbu pendek ( $l_x$ ) = 1,25 m

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{5}{1,25} = 4 \geq 2 \text{ (one way slab)}$$

Berdasarkan SNI T-12-2004 Pasal 5.5.2. Pelat lantai yang berfungsi sebagai lantai kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum  $t_s$  memenuhi kedua ketentuan:

- $t_s \geq 200 \text{ mm}$
- $t_s \geq (100 + 40 l) \text{ mm}$   
 $\geq (100 + 40 \cdot 1250) \text{ mm}$   
 $\geq 150 \text{ mm}$

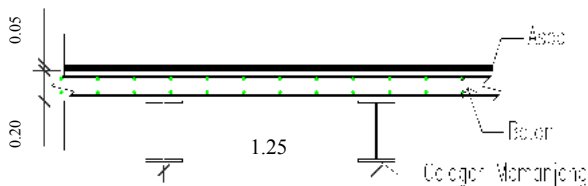
Dengan pengertian :

$l$  = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan

$t_s$  = tebal slab/pelat

Sehingga direncanakan :

- Tebal = 200 mm
- Tebal aspal = 50 mm (SNI 1725:2016 Psl. 7.3.1)



Gambar 4. 1 Potongan Melintang Pelat Lantai Kendaraan



**b. Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan**

Pembebanan pada pelat lantai kendaraan menggunakan kombinasi antara beban mati dan beban hidup.

➤ **Faktor Beban**

- Beton cor ditempat  $\rightarrow K_{MS}^u = 1,3$   
(Tabel 3-SNI 1725:2016)
- Muatan Truk  $\rightarrow K_{TT}^u = 2$   
(Tabel 13-SNI 1725:2016)
- $\gamma$  Beton 35MPa  $= 22 + 0,022 F_c'$   
 $= 22 + 0,022 \cdot 35$   
 $= 22,77 \text{ kN/m}^3$   
(Tabel 2-SNI 1725:2016)
- $\gamma$  Baja  $= 78,5 \text{ kN/m}^3$   
(Tabel 2-SNI 1725:2016)
- $\gamma$  Aspal  $= 22 \text{ kN/m}^3$   
(Tabel 2-SNI 1725:2016)

➤ **Pembebanan**

**a. Beban mati (dihitung per 1 m panjang)**

- Berat sendiri pelat  $= t_s \times \gamma_{\text{beton}} \times 1 \text{ m} \times K_{MS}^u$   
 $= 0,2 \text{ m} \times 2277 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m}$   
 $\times 1,3$   
 $= 592,02 \text{ kg/m}$
- Berat aspal  $= t_{\text{aspal}} \times \gamma_{\text{aspal}} \times 1 \text{ m} \times K_{MS}^u$   
 $= 0,05 \text{ m} \times 2200 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m}$   
 $\times 1,3$   
 $= 143,0 \text{ kg/m}$

Total Beban mati ( $q_D$ ) = 735,02 kg/m

**b. Beban hidup**

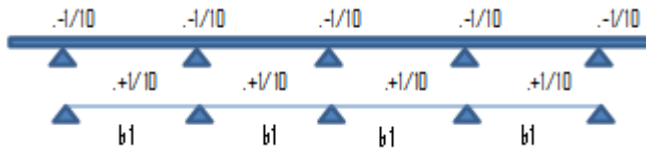
Menurut SNI 1725:2016 ps. 8.4.1

- Beban truk “T” = 112,5 kN = 11,25 Ton = 11250 kg
- Faktor kejut (DLA = *Dynamic Load Allowance*)

$$\begin{aligned}
 &= 0,3 \dots\dots (\text{SNI } 1725:2016 \text{ Gambar } 28) \text{ untuk} \\
 &\text{bentang } L \geq 90 \text{ m} \\
 Tu &= 11250 \text{ kg} \times (1+0,3) \times 2 \\
 &= 29250 \text{ kg} \\
 \text{Total Beban Hidup } (q_L) &= 26325 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### c. Perhitungan Momen

Untuk balok menerus, rumus sederhana perhitungan momen adalah sbb



Gambar 4. 2 Momen Balok Menerus Potongan Melintang

#### ➤ Momen akibat beban mati

$$\begin{aligned}
 M_D &= (1/10) \times q_D \times b_1^2 \\
 &= (1/10) \times 735,02 \text{ kg/m} \times (1,25 \text{ m})^2 \\
 &= 226,24 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

#### ➤ Momen akibat beban hidup

$$\begin{aligned}
 M_L &= 0,8 \times (b_1 + 0,6) Tu / 10 \\
 &= 0,8 \times (1,5\text{m} + 0,6) 29250 \text{ kg} / 10 \\
 &= 4914 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_D + M_L \\
 &= 226,24 \text{ kg.m} + 4914 \text{ kg.m} = 5140,24 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

### 4.1.2 Perhitungan Penulangan

#### ➤ Data Perencanaan:

- $f_y$  = 360 Mpa
- $f_c'$  = 35 Mpa
- $\beta_1$  =  $0,85 - 0,008 \times (f_c' - 30)$   
 $= 0,85 - 0,008 \times (35 - 30) = 0,81$

(RSNI T-12-2004 Pasal 5.1.1) dan tidak boleh diambil kurang dari 0,65

- $d'$  = 40 mm (RSNI T-12-2004 Tabel 4.6-7)
- $t_s$  = 200 mm
- $\phi_{\text{lentur}}$  = 0,8 (RSNI T-12-2004 Tabel 4.5-2)
- $\phi_{\text{geser}}$  = 0,7 (RSNI T-12-2004 Tabel 4.5-2)
- $b$  = 1000 mm
- Diameter tulangan  $\rightarrow D$  = 16 mm  
 $\rightarrow \emptyset$  = 13 mm
- $dx = t_s - d' - (1/2) D$   
 $= 200 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - (1/2)16 \text{ mm}$   
 $= 152 \text{ mm}$
- $dy = t_s - d' - D - (1/2) D$   
 $= 200 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 16 \text{ mm} - (1/2) 16 \text{ mm}$   
 $= 136 \text{ mm}$

#### a. Perhitungan Penulangan Melintang

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 f_c' \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \left( \frac{600}{600 + 360} \right)}{400}$$

$$= 0,0418$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 1,4 / 360 = 0,0039$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,5 \times 0,0418 = 0,0314$$

(SNI 2847:2013 Pasal B.8.4.2)

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{360}{0,85 \cdot 35} = 12,10$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{51402400}{0,8} = 64253000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{64253000 \text{ Nmm}}{1000(152 \text{ mm})^2} = 2,78 \text{ N/mm}^2 (\text{Mpa})$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \frac{2 m R_n}{f_y} \right) = \frac{1}{12,1} \left( 1 - \frac{2 \cdot 12,1 \cdot 2,78}{360} \right) = 0,0045$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0039 < 0,0081 < 0,0314 \text{ (OK)}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x \\ = 0,0081 \times 1000 \times 152 = 1231,2 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} \leq 2 \cdot h \\ \leq 2 \cdot 200 \text{ mm} \\ \leq 400 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D16, sehingga jarak antar tulangan:

$$S = \frac{0,25 \pi D^2 b}{A_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{0,25 \pi 16^2 1000}{1231,2 \text{ mm}} = 163,37 \text{ mm}$$

$$S = 163,7 \text{ mm} < 500 \text{ mm (OK)}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D16-150 mm

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \pi D^2 b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \pi 16^2 1000}{150 \text{ mm}} = 1340,95 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 1340,95 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 1231,2 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

## b. Perhitungan Penulangan Memanjang

Tulangan susut dan suhu

$$A_s = 0,002 \times b \times d_y \\ = 0,002 \times 1000 \times 136 \text{ mm} = 272 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan yang diperlukan

$$S_{\text{perlu}} = \frac{0,25 \pi \phi^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \pi 13^2 1000}{272 \text{ mm}^2} = 488,18 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} \leq 5 h \text{ atau } \leq 450 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2)

$$S_{\text{max}} \leq 5 h$$

$$\leq 5 \times 200 \text{ mm}$$

$$\leq 1000 \text{ mm}$$

$$S_{\text{perlu}} = 353,77 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 450 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan Ø13-450mm

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \pi \phi^2 b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \pi 13^2 1000}{450 \text{ mm}} = 295,08 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 295,08 \text{ mm}^2 > A_s \text{ susut} = 272 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

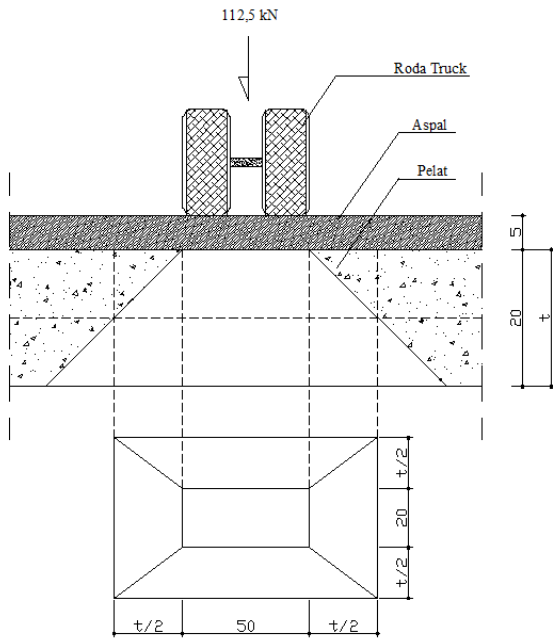
#### c. Kontrol Geser (Pons) Pelat Lantai

Perencanaan penampang akibat geser didasarkan pada roda tengah. Dengan  $V_n < \phi V_c$  Dimana:

$V_n$  = gaya geser nominal terfaktor pada penampang yang ditinjau

$V_c$  = kuat geser nominal beton tanpa memperhitungkan tulangan geser

Muatan 'T' diambil sebesar  $P = 112,5 \text{ kN}$  dengan luas bidang kontak roda  $500 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$  seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 3 Bidang Kritis Pada Pelat Lantai Kendaraan

- Keliling Kritis

$$U = 2 (b_0 + d_0)$$

$$= 2 [(0,5 \times 20 + 50 + 0,5 \times 20) + (0,5 \times 20 + 20 + 0,5 \times 20)]$$

$$= 2 (70 \text{ cm} + 40 \text{ cm})$$

$$= 220 \text{ cm}$$

- Gaya Geser Ultimate

$$V_U = K_{TT}^U \times 'T' \times (1 + DLA)$$

$$= 2 \times 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3)$$

$$= 292,5 \text{ kN}$$

$$V_c = (1/6) \sqrt{f_c'} b_w d = (1/6) \sqrt{35} 2200 \text{ mm} 200 \text{ mm}$$

$$= 433845,85 \text{ N} = 433,85 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,7 \times 433,85 \text{ N} = 483,15 \text{ kN}$$

- Kontrol

$$V_u < \phi V_c$$

$$292,5 \text{ kN} < 303,69 \text{ kN (OK)}$$

Dari hasil analisa perhitungan diatas, didapat bahwa besarnya beban  $\phi V_c > V_u$ , maka pelat lantai kendaraan cukup kuat untuk menerima beban roda truk terpusat pada tengah bentang pelat lantai kendaraan.

#### d. Perhitungan Penulangan Trotoar (Kerb)

##### ➤ Data Perencanaan:

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,81$$

$$\phi_{\text{lentur}} = 0,8$$

$$b = 750 \text{ mm}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$d' = 20 \text{ mm}$$

$$K_uTP = 2 \text{ (SNI 1725:2016 Tabel 4)}$$

$$\text{Diameter tulangan} \rightarrow D = 12 \text{ mm (Tulangan lentur)}$$

$$\rightarrow \emptyset = 8 \text{ mm (Tulangan}$$

Pembagi)

$$dx = tp - d' - \frac{1}{2} D$$

$$= 200 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} 12 \text{ mm}$$

$$= 174 \text{ mm}$$

$$dy = tp - d' - D - \frac{1}{2} D$$

$$= 200 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \frac{1}{2} 12 \text{ mm}$$

$$= 164 \text{ mm}$$

##### ➤ Pembebanan

###### a) Beban mati

- Berat sendiri pelat =  $b \times h \times \gamma_{\text{beton}} \times K_{MS}^u$

$$\begin{aligned}
 &= 0,75\text{m} \times 0,2 \text{ m} \times 2277 \text{ kg/m}^3 \\
 &\quad \times 1,3 \\
 &= 444,02 \text{ kg/m} \\
 (q_D) &= 444,02 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

### b) Beban hidup

Beban trotoar akibat pejalan kaki (SNI 1726:2016 ps.8.9) sebesar 5 kPa = 5000 kg/m<sup>2</sup> dengan faktor  $K_{UT} = 2$  (SNI 1725:2016 tabel 13)

$$\begin{aligned}
 (q_L) &= 5000 \text{ kg/m}^2 \times 0,75 \text{ m} \times 2 \\
 &= 7500 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (q_U) &= (q_D) + (q_L) \\
 &= 444,02 \text{ kg/m} + 7500 \text{ kg/m} \\
 &= 7944,02 \text{ kg/m} = 7,944 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

### ➤ Perhitungan momen

$$\begin{aligned}
 M_U &= \frac{1}{2} \times q_U \times b^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 7944,02 \text{ kg/m} \times (0,75 \text{ m})^2 \\
 &= 2234,26 \text{ kgm} = 2234260 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

### ➤ Perhitungan penulangan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,81}{400} \left( \frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,0418 \\
 \rho_{\text{min}} &= 1,4 / f_y = 1,4 / 360 = 0,0039 \\
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,5 \times 0,0418 = 0,0314 \\
 &\text{(SNI 2847:2013 Pasal B.8.4.2)}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{360}{0,85 \cdot 35} = 12,10$$



$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{2234260 \text{ Nmm}}{0,8 \cdot 750 (174 \text{ mm})^2} = 0,12 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \frac{2 m R_n}{f_y} \right) = \frac{1}{12,1} \left( 1 - \frac{2 \cdot 12,1 \cdot 0,12}{360} \right) = 0,0003$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0003 < 0,0039 < 0,0314 \text{ (pakai } \rho_{\min})$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\min} \times b \times d_x$$

$$= 0,0039 \times 1000 \times 174 \text{ mm} = 676,67 \text{ mm}^2$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} \leq 2 \cdot h$$

$$\leq 2 \cdot 200 \text{ mm}$$

$$\leq 400 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan D12, sehingga jarak antar tulangan:

$$S = \frac{0,25 \pi D^2 b}{A_{s\text{perlu}}} = \frac{0,25 \pi 12^2 1000}{676,67 \text{ mm}^2} = 167,05 \text{ mm}$$

$$S = 167,05 \text{ mm} < 400 \text{ mm (OK)}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan yang dipakai D12-150 mm

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{0,25 \pi D^2 b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \pi 12^2 1000}{150 \text{ mm}} = 745 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pakai}} = 745 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} = 676,67 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tulangan susut dan suhu

$$A_s = 0,002 \times b \times d_y$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 164 \text{ mm} = 328 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan yang diperlukan

$$S_{\text{perlu}} = \frac{0,25 \pi \phi^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \pi 8^2 1000}{328 \text{ mm}^2} = 153,17 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 5 h \text{ atau } \leq 450 \text{ mm}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.2)

$$S_{\max} \leq 5 h$$

$$\leq 5 \times 200 \text{ mm}$$

$$\leq 1000 \text{ mm}$$

$$S_{\text{perlu}} = 153,17 \text{ mm} < S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan Ø8-150 mm

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \pi \phi^2 b}{S_{\text{pakai}}} = \frac{0,25 \pi 13^2 1000}{150 \text{ mm}} = 334,9 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 334,9 \text{ mm}^2 > A_s \text{ susut} = 328 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

#### 4.1.3 Perhitungan Tiang dan Pipa Sandaran

Data perencanaan:

Panjang Bentang = 320 m

Jarak tiang sandaran = 2,5 m

Bahan yang digunakan:

➤ Tiang Sandaran:

Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 35 Mpa

Mutu baja ( $f_y$ ) = 360 Mpa

W sandaran = 0,75 kN/m

(RSNI T-02-2005 Psl. 12.5)

➤ Pipa Sandaran

Diameter luar (do) = 60,5 mm

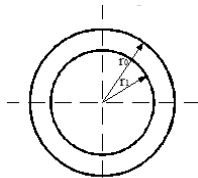
Berat pipa (q) = 5,57 kg/m

Tebal pipa (t) = 4 mm

Momen Inersia (I) = 28,5 cm<sup>4</sup>

Mutu baja BJ 50 →  $f_y$  = 290 Mpa

$f_u$  = 500 Mpa



Gambar 4. 4 Profil Pipe

##### a. Perhitungan Momen pada Pipa Sandaran

➤ Akibat beban sendiri/berat pipa sandaran

$$\begin{aligned} M_{VD} &= (1/8) q l^2 \\ &= (1/8) \times 5,57 \text{ kg/m} \times (2,5 \text{ m})^2 \\ &= 4,35 \text{ kg.m} = 0,0435 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

➤ Akibat beban vertikal

$$\begin{aligned} M_{VL} &= (1/8) w l^2 \\ &= (1/8) \times 0,75 \text{ kg/m} \times (2,5 \text{ m})^2 \\ &= 58,6 \text{ kg.m} = 0,586 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$M_V = M_{VD} + M_{VL}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0435 \text{ kN.m} + 0,586 \text{ kN.m} \\
 &= 0,629 \text{ kN.m} = 62,945 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

➤ Akibat beban horizontal

$$\begin{aligned}
 M_H &= (1/8) w l^2 \\
 &= (1/8) \times 0,75 \text{ kg/m} \times (2,5 \text{ m})^2 \\
 &= 58,6 \text{ kg.m} = 0,586 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

➤ Momen Resultan ( $M_R$ )

$$\begin{aligned}
 M_R &= \sqrt{M_v^2 + M_H^2} \\
 &= 0,629 \text{ kN.m} + 0,586 \text{ kN.m} \\
 &= 0,86 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

#### b. Cek Kekuatan Profil Pipa Sandaran

Batas kelangsingan profil

$$\lambda = d_o / t = 60,5 / 4 = 15,13$$

$$\lambda p = 14800 / f_y = 14800 / 290 = 51,03$$

Karena  $\lambda < \lambda p$  (penampang kompak)

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p = Z_x \times f_y \\
 &= 12790 \text{ mm}^3 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 3709196,667 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 M_n \\
 &= 0,9 \times 3709196,667 \text{ N} \\
 &= 3338277 \text{ N.mm} = 3,34 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat: } \phi M_n &> M_n \\
 3,34 \text{ kN.m} &> 0,86 \text{ kN.m (OK)}
 \end{aligned}$$

#### c. Lendutan Pipa Sandaran

$$\delta \text{ ijin} = L / 240 = 250 \text{ cm} / 240 = 1,042 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \delta \text{ terjadi} &= \frac{5 q x L^2}{384 E I} \\
 &= \frac{5 (5,57 \text{ kg/m} + 0,75 \text{ kg/m}) (2,5 \text{ m})^2}{384 \times 200000 \text{ Mpa} \times 28,5 \text{ cm}^4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0072 \text{ m} = 0,72 \text{ cm} \\
 \delta \text{ terjadi} &= \frac{5 q_y L^2}{384 E I} \\
 &= \frac{5 \cdot 0,75 \text{ kg/m} (2,5 \text{ m})^2}{384 \cdot 200000 \text{ Mpa} \cdot 28,5 \text{ cm}^4} \\
 &= 0,0067 \text{ m} = 0,67 \text{ cm} \\
 \text{Resultan } \delta &= \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \\
 &= \sqrt{0,72 \text{ cm}^2 + 0,67 \text{ cm}^2} \\
 &= 0,982 \text{ cm} \\
 \text{Syarat : } \delta \text{ ijin} &> \text{Resultan } \delta \\
 1,042 \text{ cm} &> 0,982 \text{ cm (OK)}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.4 Perhitungan Kolom Sandaran

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$L = 1,2 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Diameter tulangan} \rightarrow D = 12 \text{ mm (Tulangan lentur)}$$

$$\rightarrow \emptyset = 8 \text{ mm (Tulangan Pembagi)}$$

$$dx = tp - \text{decking} - 0,5 D$$

$$= 200 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 8 \text{ mm} - 0,5 \times 12 \text{ mm}$$

$$= 166 \text{ mm}$$

$$\text{Berat sendiri kolom} = b \times h \times L \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$= 120 \text{ kg}$$

$$\text{Berat pipa sandaran} = q_{\text{pipa}} \times \text{jarak antar kolom}$$

$$= (2 \times 5,57 \text{ kg/m}) \times 2,5 \text{ m}$$

$$= 27,9 \text{ kg}$$

$$P_D = \text{Berat sendiri kolom} + \text{Berat pipa sandaran}$$

$$= 120 \text{ kg} + 27,9 \text{ kg} = 147,9 \text{ kg}$$

$$M_D = P_D \times b \times 0,5$$

$$= 147,9 \text{ kg} \times 0,2 \text{ m} \times 0,5 = 14,785 \text{ kg.m}$$

$$P_L = q_L \times L$$

$$= 75 \text{ kg/m} \times 1,2 \text{ m} = 90 \text{ kg}$$

$$M_L = P_L \times \text{tinggi kolom}$$

$$= 90 \text{ kg} \times 1,2 \text{ m} = 108 \text{ kg.m}$$

$$\text{Dimana : } P_D = \text{gaya yang terjadi akibat beban mati}$$

$$M_D = \text{Momen yang terjadi akibat beban mati}$$

$$P_L = \text{gaya yang terjadi akibat beban hidup}$$

$$M_L = \text{Momen yang terjadi akibat beban hidup}$$

$$P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L$$

$$= 1,2 (147,9 \text{ kg}) + 1,6 (90 \text{ Kg})$$

$$= 321,4 \text{ kg} = 3214 \text{ N}$$

$$M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= 1,2 (14,785 \text{ kg.m}) + 1,6 (108 \text{ kg.m})$$

$$= 190,542 \text{ kg.m} = 1905420 \text{ N.mm}$$

$$M_n = M_u / \phi = 1905420 \text{ N.mm} / 0,8 = 2381775 \text{ N.mm}$$

$$\frac{M_n}{b h^2} = \frac{2381775 \text{ N.mm}}{200 \text{ mm} (200 \text{ mm})^2} = 0,298$$

$$\frac{P_u}{b h} = \frac{3214 \text{ N.}}{200 \text{ mm} 200 \text{ mm}} = 0,08$$

Dari grafik didapatkan:  $\rho = 1\%$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,01 \times 200 \text{ mm} \times 166 \text{ mm} = 332 \text{ mm}^2$$

Dipasang 4Ø12 →  $A_s$  pasang = 452,39 mm<sup>2</sup>

### Perencanaan Tulangan Geser

$$V_u = 90 \text{ kg} = 900 \text{ kN}$$

$$V_c = (1/6) \sqrt{f_c'} b w d$$

$$= (1/6) \times \sqrt{35} \times 200 \text{ mm} \times 166 \text{ mm}$$

$$= 32736 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,7 \times 32736 \text{ N} = 22915,2 \text{ N}$$

Karena  $V_u \leq \phi V_c \rightarrow$  (tidak perlu tulangan geser)

Dipasang tulangan geser minimum

$$S_{max} = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \times 166 \text{ mm} = 83 \text{ mm}$$

$$A_s = (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \times 2$$

$$= (0,25 \times \pi \times 8^2) \times 2 = 100,53 \text{ mm}^2$$

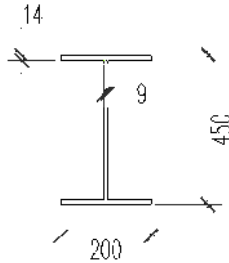
$$S = \frac{A_v f_y}{(1/3) \sqrt{f_c'} b}$$

$$= \frac{100,53 \text{ mm}^2 \cdot 360 \text{ Mpa}}{(1/3) \sqrt{35} 200 \text{ mm}} = 91,76 \text{ mm}$$

Dipasang Ø 8-90 mm

#### 4.1.5 Perencanaan Balok Memanjang

- Direncanakan menggunakan Profil: WF 450.200.9.14



Gambar 4. 5 Profil Balok Memanjang

A	= 96,76 cm <sup>2</sup>
w	= 76 kg/m = 0,760 kN/m
Z <sub>x</sub>	= 1490 cm <sup>3</sup>
Z <sub>y</sub>	= 187 cm <sup>3</sup>
I <sub>x</sub>	= 33500 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	= 1870 cm <sup>4</sup>
i <sub>x</sub>	= 18,6 cm
i <sub>y</sub>	= 4,4 cm
r	= 18 mm
d	= 450 mm
tw	= 9 mm
tf	= 14 mm
h	= d – 2 (tf + r) = 386 mm

- Data Bahan:

BJ	50
f <sub>y</sub>	= 2900 kg/cm <sup>2</sup>
f <sub>u</sub>	= 5000 kg/cm <sup>2</sup>
E	= 2 x 10 <sup>6</sup> kg/cm <sup>2</sup>

- Pembebanan:

a. Beban mati

- Beban pelat beton

$$= t_{\text{plat}} \times \gamma_{\text{beton}} \times b_l$$

$$= 0,20 \text{ m} \times 22,77 \text{ kN/m}^3 \times 1,25 \text{ m}$$



$$= 5,69 \text{ kN/m} \quad \rightarrow \text{Faktor beban} = 1,3$$

(SNI 1725:2016 Tabel 3)

- Beban aspal

Lapisan aspal harus direncanakan untuk pelapisan kembali setebal 50 mm yang ditambahkan pada lapisan awal (RSNI T-02 2005 p. 5.3.2).

$$= t_{\text{aspal}} \times \gamma_{\text{aspal}} \times b1$$

$$= 0,05 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 \times 1,25 \text{ m}$$

$$= 1,38 \text{ kN/m} \quad \rightarrow \text{Faktor beban} = 1,3$$

- Beban bekisting

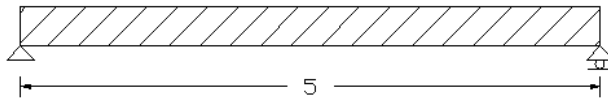
$$= 0,5 \text{ kN/m} \times b1$$

$$= 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 1,25 \text{ m}$$

$$= 0,625 \text{ kN/m} \quad \rightarrow \text{Faktor beban} = 1,4$$

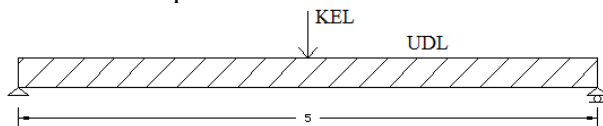
- Beban sendiri profil

$$= 0,760 \text{ kN/m} \quad \rightarrow \text{Faktor beban} = 1,1$$



Gambar 4. 6 Pembebanan pada beban mati

b. Beban hidup



Gambar 4. 7 Pembebanan UDL dan KEL pada gelagar memanjang

- Uniformly Distributed Load (UDL)  
 $L > 30 \text{ m}$  ;

$$q \text{ UDL} = 9 \times \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kN/m}^2$$

$$q \text{ UDL} = 9 \times \left( 0,5 + \frac{15}{140} \right) = 5,46 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} q &= q \text{ UDL} \times b_l \\ &= 5,46 \text{ kN/m}^2 \times 1,25 \text{ m} \\ &= 6,83 \text{ kN/m} \quad \rightarrow \text{Faktor Beban} = 2 \end{aligned}$$

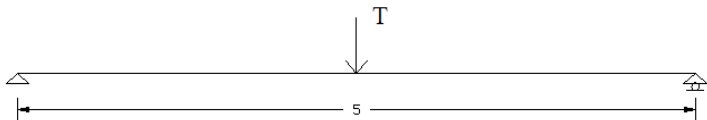
- Knife Edge Load (KEL)

DLA = 30 % untuk  $L > 90 \text{ m}$

$P_{\text{KEL}} = 49 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned} P &= P_{\text{KEL}} (1 + \text{DLA}) \times b_l \\ &= 49 \text{ kN/m} (1 + 0,3) \times 1,25 \text{ m} \\ &= 79,625 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Faktor Beban} = 2 \end{aligned}$$

- Truk (T)



Gambar 4. 8 Pembebanan Truk

$$\text{DLA} = 0,3$$

$$T = 112,5 \text{ kN (SNI 1725:2016)}$$

Menurut SNI 1725:2016 Pasal 8.4.1 tentang besarnya beban truk “T” di tentukan:

$$\begin{aligned} T_u &= T \times (1 + \text{DLA}) \\ &= 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3) \\ &= 146,25 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{Faktor beban} = 2 \end{aligned}$$

## Rekapitulasi pembebanan

Tabel 4. 1 Rekapitulasi pembebanan gelagar memanjang

Jenis Beban	Nilai	LF	Total
<b>Beban Mati (DL)</b>			
Beban Pelat beton	5,69 kN/m	1,3	7,4 kN/m
Beban Aspal	1,38 kN/m	1,3	1,79 kN/m
Beban Bekisting	0,63 kN/m	1,4	0,88 kN/m
Beban sendiri profil	0,76 kN/m	1,1	0,84 kN/m
<b>Beban Hidup (DL)</b>			
Beban UDL	8,31 kN/m	2	13,66 kN/m
Beban KEL	79,625 kN	2	159,25 kN
Beban Truk	146,25 kN	2	292,5 kN

**a. Hasil Analisa Perhitungan Momen**

➤ Momen akibat beban mati :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Total}} &= 7,4 \text{ kN/m} + 1,79 \text{ kN/m} + 0,88 \text{ kN/m} \\
 &+ 0,84 \text{ kN/m} \\
 &= 10,9 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{DL}} &= \frac{1}{8} \times Q_{\text{total}} \times \lambda^2 = \frac{1}{8} \times 10,9 \text{ kN/m} \times (5\text{m})^2 \\
 &= 34,07 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

➤ Momen akibat beban hidup :

Momen akibat beban UDL dan KEL :

$$\begin{aligned}
 M_L &= \frac{1}{8} \times q \times \lambda^2 + \frac{1}{4} \times P \times \lambda \\
 &= \frac{1}{8} \times 13,66 \text{ kN/m} \times (5\text{m})^2 + \\
 &\quad \frac{1}{4} \times 159,25 \text{ kN} \times 5 \text{ m} = 241,75 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Momen akibat beban Truk :

$$M_T = \frac{1}{4} \times P \times \lambda = \frac{1}{4} \times 292,5 \text{ kN} \times 5 \text{ m} = 365,625 \text{ kNm}$$

Karena  $M_L < M_T$ , maka dipakai momen akibat beban Truk yaitu sebesar  $M_T = 365,63 \text{ kNm}$

$$\begin{aligned} M_u &= M_T + M_D \\ &= 365,63 \text{ kNm} + 34,07 \text{ kNm} \\ &= 399,7 \text{ kNm} \end{aligned}$$

**b. Analisa Kapasitas Penampang Balok Memanjang**

Analisa kapasitas penampang untuk mengetahui kuat lentur, geser dan lendutan.

➤ Tekuk lokal :

- Sayap : (RSNI T-03-2005 tabel B4.1b)

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200 \text{ mm}}{2 \times 14 \text{ mm}} = 7,140$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9,983$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Badan : (RSNI T-03-2005 ps.7.7.1)

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{386 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} = 42,9$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{290}} = 98,658$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah  $M_{nx} = M_{px} = Z_x f_y$

$$M_{px} = M_{nx} = Z_x f_y = 1621000 \text{ mm}^3 \times 290 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 470090000 \text{ Nmm} = 470,090 \text{ kNm} \\
 \phi M_n &= 0,90 \times 470,09 \text{ kNm} \\
 &= 423,081 \text{ kNm} > M_u = 399,7 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

➤ Tekuk lateral :

$$L_b = 500 \text{ cm} = 5000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 4,4 \text{ cm} \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2900}} \\
 &= 2033,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$L_R = 564,535 \text{ cm} = 5645,35 \text{ mm} \text{ (Isdarmanu, Marwan. Struktur Baja II Tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

$L_p < L_b < L_r$ : termasuk dalam bentang menengah.

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

$$M_a = M_c = \left( \left( \frac{q \times L}{2} + \frac{P}{2} \right) \times \frac{L}{4} \right) - \left( \frac{1}{2} \times q \times \frac{L}{4} \right)^2 =$$

$$\left( \left( \frac{10,9 \text{ kN/m} \times 5 \text{ m}}{2} + \frac{292,5 \text{ kN}}{2} \right) \times \frac{5 \text{ m}}{4} \right) - \left( \frac{1}{2} \times 10,9 \text{ kN/m} \times \frac{5 \text{ m}}{4} \right)^2$$

$$M_a = M_c = 170,47 \text{ kN/m}$$

$$M_b = M_{\max} = \left( \left( \frac{q \times L}{2} + \frac{P}{2} \right) \times \frac{L}{2} \right) - \left( \frac{1}{2} \times q \times \frac{L}{2} \right)^2 =$$

$$\left( \left( \frac{10,9 \text{ kN/m} \times 5 \text{ m}}{2} + \frac{292,5 \text{ kN}}{2} \right) \times \frac{5 \text{ m}}{2} \right) - \left( \frac{1}{2} \times 10,9 \text{ kN/m} \times \frac{5 \text{ m}}{2} \right)^2$$

$$M_b = M_{\max} = 248,11 \text{ kN/m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{12,5(248,11)}{2,5(248,11) + 3(170,47) + 4(248,11) + 3(170,47)} \\
&= 1,18 \\
M_r &= S_x (f_y - f_r) = 1490000 \text{ mm} (290 - 70) \\
&= 327800000 \text{ Nmm} = 327,8 \text{ kNm} \\
M_n &= C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \\
&= 1,18 \left[ 327,8 + (470,09 - 327,8) \frac{(5645,35 - 5000)}{(5645,35 - 2033,67)} \right] \\
&= 551,03 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Dari tekuk lokal dan lateral, dipilih  $M_n = 470,09 \text{ kNm}$

Kapasitas momen :

$$\begin{aligned}
\phi M_n &= 0,90 \times 470,09 \text{ kNm} \\
&= 423,081 \text{ kNm} > M_u = 399,7 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi.

### c. Kontrol Kapasitas Geser

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada dekat dengan perletakan.

a. Untuk beban hidup (UDL + KEL) :

$$\begin{aligned}
V_{a \max} &= (P \times 1) + \left( Q_L \times \frac{1}{2} \times \lambda \right) \\
&= (159,25 \text{ kN} \times 1) + \left( 13,66 \text{ kN/m} \times \frac{1}{2} \times 5 \right) \\
&= 193,4 \text{ kN}
\end{aligned}$$

b. Untuk beban T :

$$\begin{aligned}
V_{a \max} &= T \times (1 + DLA) \times 1 \times LF \\
&= 112,5 \times (1 + 0,3) \times 1 \times 2 \\
&= 292,5 \text{ kN}
\end{aligned}$$

c. Untuk beban Qd :

$$\begin{aligned}
 V_{a \max} &= \left( Q_d \times \frac{1}{2} \times \lambda \right) Q_d \text{ tanpa dikalikan LF} \\
 &= \left( 8,455 \text{ kN/m} \times \frac{1}{2} \times 5 \text{ m} \right) \\
 &= 21,138 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jadi  $V_a$  yang digunakan adalah  $V_a$  akibat beban truk sebesar 292,5 kN (yang terbesar yang menentukan), maka kuat geser sebagai berikut (RSNI T-03-2005 ps.7.8):

Luas penampang badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{386}{9} = 42,89$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 5 + \frac{5}{(96,76 \text{ cm}^2 / 38,6 \text{ cm})} = 5,796$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5,796 \times 2 \times 10^5}{290}} = 68,968$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n \times E}{f_y}}, \text{ maka kuat geser :}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \\
 &= 0,9 \times 0,6 \times 290 \text{ N/mm}^2 \times (450 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}) \\
 &= 634230 \text{ N} = 634,23 \text{ kN} \\
 &= 634,23 \text{ kN} \geq 292,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan geser yang terjadi.

#### d. Interaksi Geser dan Lentur

Jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang, maka gelagar harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser (RSNI T-03-2005 ps.7.9.3), yaitu :

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{399,7 \text{ kNm}}{423,081 \text{ kNm}} + 0,625 \frac{292,5 \text{ kN}}{634 \text{ kN}} \leq 1,375$$

$$1,233 < 1,375$$

Maka penampang telah memenuhi interaksi geser dan lentur.

**e. Kontrol Lendutan**

Lendutan dianalisa berdasarkan kemampuan layan akibat beban hidup untuk gelagar memanjang. Menurut RSNI T-03-2005 ps.4.7.2 menyatakan lendutan maksimum gelagar diatas dua tumpuan adalah  $L/800$ .

$$\delta_{ijin} = 500/800 = 0,63 \text{ cm}$$

a. Lendutan akibat beban hidup ( UDL + KEL ):

$$\begin{aligned} \delta_{(udl+kel)} &= \frac{5}{384} \times \frac{q_L \lambda^4}{E I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_1 \lambda^3}{E I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{6,83 \times (500)^4}{2 \times 10^6 \times 33500} + \frac{1}{48} \times \frac{7962,5 \times (500)^3}{2 \times 10^6 \times 33500} \\ &= 0,392 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Lendutan akibat beban truck :

$$\begin{aligned} \delta_{(T)} &= \frac{1}{48} \times \frac{P_T \lambda^3}{E I_x} \\ &= \frac{1}{48} \times \frac{14625 \times (500)^3}{2 \times 10^6 \times 33500} \\ &= 0,568 \text{ cm} \end{aligned}$$

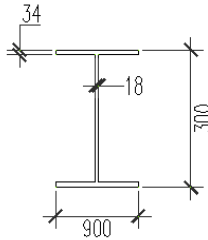
Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban Truk = 0,568 cm

$$\begin{aligned} \text{Syarat: } \delta_{(T)} &\leq \delta_{ijin} \\ 0,568 &\leq 0,63 \text{ (OK)} \end{aligned}$$



#### 4.1.6 Perencanaan Balok Melintang

- Direncanakan menggunakan Profil: WF 900.300.18.34



Gambar 4. 9 Profil Balok Melintang

$$\begin{aligned}
 A &= 364 \text{ cm}^2 \\
 w &= 286 \text{ kg/m} = 2,84 \text{ kN/m} \\
 Z_x &= 10900 \text{ cm}^3 \\
 I_x &= 498000 \text{ cm}^4 \\
 I_y &= 15700 \text{ cm}^4 \\
 r &= 28 \text{ mm} \\
 d &= 900 \text{ mm} \\
 b &= 300 \text{ mm} \\
 t_w &= 18 \text{ mm} \\
 t_f &= 34 \text{ mm} \\
 h &= d - 2(t_f + r) = 776 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Data Bahan:

$$\begin{aligned}
 \text{BJ} &50 \\
 f_y &= 2900 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_u &= 5000 \text{ kg/cm}^2 \\
 E &= 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

#### a. Hasil Analisa Perhitungan Momen

- Pembebanan:  
Sebelum komposit
  - Beban mati
    - Balok memanjang  

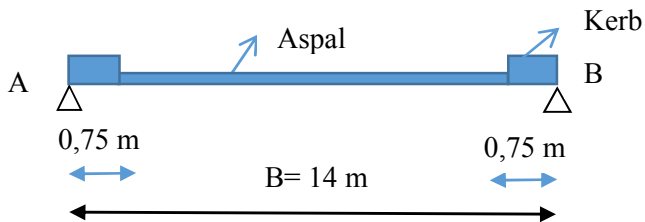
$$= (W \times \lambda / b_1) \times LF$$

$$\begin{aligned}
 &= (0,76 \times 5 / 1,25) \times 1,1 = 3,34 \text{ kN/m} \\
 &\text{- Beban sendiri profil (balok melintang)} \\
 &= \text{berat profil} \times \text{LF} \\
 &= 2,86 \text{ kN/m} \times 1,1 = 3,15 \text{ kN/m} \\
 &\text{- Beban pelat beton} \\
 &= t_{\text{plat}} \times \gamma_{\text{beton}} \times \lambda \times K_u^{\text{MS}} \\
 &= 0,20 \text{ m} \times 22,77 \text{ kN/m}^3 \times 5 \text{ m} \times 1,3 = 29,6 \text{ kN/m} \\
 &\text{- Beban bekisting} \\
 &= 0,5 \text{ kN/m} \times \lambda \times \text{LF} \\
 &= 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 5 \text{ m} \times 1,4 = \frac{3,5 \text{ kN/m}}{Q_{D1}} + \\
 &= 39,59 \text{ kN/m} \\
 &= 3959 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{Q1} &= 1/8 \times Q_{D1} \times B^2 \\
 &= 1/8 \times 39,59 \text{ kN/m} \times (14\text{m})^2 \\
 &= 968,485 \text{ kNm} = 9684850 \text{ kg.cm} \\
 V_{Q1} &= 1/2 \times Q_{D1} \times B \\
 &= 1/2 \times 39,59 \text{ kN/m} \times 14\text{m} \\
 &= 277,13 \text{ kN} = 27713 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Setelah komposit

a. Beban mati



Gambar 4. 10 Pembebanan gelagar melintang

- Berat Aspal

$$= t_{\text{aspal}} \times \gamma_{\text{aspal}} \times \lambda \times \text{LF} \\ = 0,05 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 \times 5 \text{ m} \times 1,3 = 7,15 \text{ kN/m}$$

- Berat kerb

$$= t_{\text{kerb}} \times \gamma_{\text{beton}} \times \lambda \times \text{LF} \\ = 0,2 \text{ m} \times 22,77 \text{ kN/m}^3 \times 5 \text{ m} \times 1,3 = \underline{29,6 \text{ kN/m}} + \\ Q_{D2} = 36,75 \text{ kN/m} \\ = 3675 \text{ kg/m}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_a \cdot 14 \text{ m} = (29,6 \text{ kN/m} \times 0,75 \text{ m}) \times 13,625 \text{ m} + (7,15 \text{ kN/m} \times 12,5 \text{ m}) \times 7 \text{ m} + (29,6 \text{ kN/m} \times 0,75 \text{ m}) \times 0,375 \text{ m}$$

$$V_a \cdot 14 \text{ m} = 302,475 \text{ kN.m} + 625,625 \text{ kN.m} + 8,325 \text{ kN.m}$$

$$V_a \cdot 14 \text{ m} = 936,425 \text{ kN.m}$$

$$V_a = 66,89 \text{ kN} = 6689 \text{ kg}$$

$$M_{Q2} = (V_a \times 7 \text{ m}) - (29,6 \text{ kN/m} \times 0,75 \text{ m} \times 7,375 \text{ m}) \\ - (7,15 \text{ kN/m} \cdot 6,25 \text{ m} \cdot 3,125 \text{ m}) \\ = (66,89 \text{ kN} \times 7 \text{ m}) - 263,725 \text{ kN.m} - 139,65 \text{ kN.m} \\ = 64,86 \text{ kN.m} = 6486 \text{ kg.m}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup merata (UDL)

(SNI 1725:2016 ps. 8.3.1)

$L > 30 \text{ m}$  ;

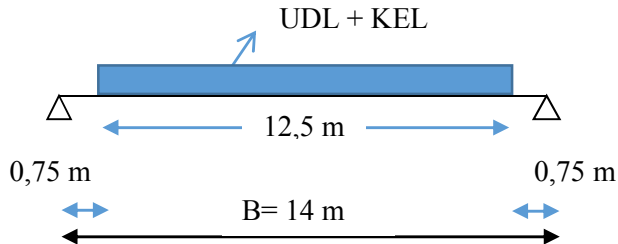
$$q \text{ UDL} = 9 \times \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kN/m}^2$$

$L = 140 \text{ m}$ , maka :

$$q \text{ UDL} = 9 \times \left( 0,5 + \frac{15}{140} \right) = 5,46 \text{ kN/m}^2$$

$$q = q \text{UDL} \times \lambda \times K_u^{\text{TD}} \\ = 5,46 \text{ kN/m}^2 \times 5 \text{ m} \times 2$$

- $= 54,64 \text{ kN/m} = 5464 \text{ kg/m}$
- Beban hidup Garis (KEL)
    - DLA = 30 % untuk L = 140 m  
(SNI 1725:2016 Gambar 28)
    - P KEL = 49 kN/m
    - P = P KEL (1 + DLA)  $\times K^{u_{TD}}$
    - $= 49 \text{ kN/m} (1 + 0,3) \times 2$
    - $= 127,4 \text{ kN/m} = 12740 \text{ kg/m}$



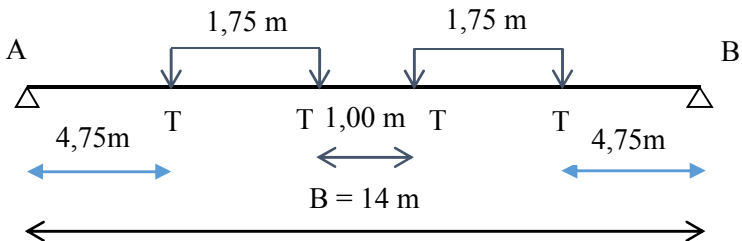
Gambar 4. 11 Pembebanan akibat beban UDL dan KEL

$$\begin{aligned} \text{Beban D (q)} &= \text{Beban UDL} + \text{Beban KEL} \\ &= 54,64 \text{ kN/m} + 127,4 \text{ kN/m} = 182,04 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_a &= q \times 12,5 \text{ m} \times 0,5 \\ &= 182,04 \text{ kN/m} \times 12,5 \text{ m} \times 0,5 \\ &= 1137,75 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= (V_a \times 7 \text{ m}) - (q \times 6,25 \text{ m} \times 3,125 \text{ m}) \\ &= (1137,75 \text{ kN.m} \times 7 \text{ m}) - (182,04 \text{ kN/m} \times 6,25 \text{ m} \times 3,125 \text{ m}) \\ &= 4408,78 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

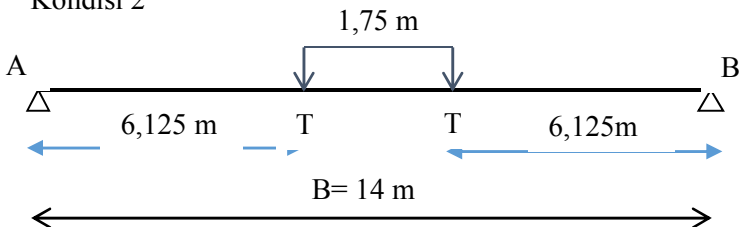
- Beban Truk “T”  
Kondisi 1



Gambar 4. 12 Pembebanan akibat beban Truk (Kondisi 1)

$$\begin{aligned}
 T &= 112,5 \text{ kN} \\
 T_u &= T \times (1+0,3) \times K_{u_{TT}} \\
 &= 112,5 \text{ kN} \times (1+0,3) \times 2 = 292,5 \text{ kN} \\
 \sum M_B &= 0 \\
 V_a \cdot 14 \text{ m} &= T_u (9,25 \text{ m} + 7,5 \text{ m} + 6,5 \text{ m} + 4,75 \text{ m}) \\
 V_a \cdot 14 \text{ m} &= 292,5 \text{ kN} \times 28 \text{ m} \\
 V_a &= (8190 \text{ kN.m} / 14 \text{ m}) \\
 &= 585 \text{ kN} \\
 M_{\max} &= (V_a \times 7 \text{ m}) - T_u (1,75 \text{ m} + 0,5 \text{ m}) \\
 &= (585 \text{ kN} \times 7 \text{ m}) - (292,5 \text{ kN} \times 2,25 \text{ m}) \\
 M_{\max} &= 3436,875 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Kondisi 2



Gambar 4. 13 Pembebanan akibat beban Truk (Kondisi 2)

$$\begin{aligned}
\sum M_B &= 0 \\
V_a \cdot 14 \text{ m} &= T_u (1,75 \text{ m} + 6,125 \text{ m}) \\
V_a \cdot 14 \text{ m} &= 292,5 \text{ kN} \times 7,875 \text{ m} \\
V_a &= (2303,438 \text{ kN.m} / 14 \text{ m}) \\
&= 164,531 \text{ kN} \\
M_{\max} &= (V_a \times 7 \text{ m}) - (T_u \times 0,875 \text{ m}) \\
&= (164,531 \text{ kN} \times 7 \text{ m}) - (292,5 \text{ kN} \times 0,875 \text{ m}) \\
M_{\max} &= 895,78 \text{ kN.m}
\end{aligned}$$

Sehingga untuk beban, sebelum komposit digunakan momen 968,485 kNm, dan untuk setelah komposit digunakan momen ultimate sebesar, yaitu 4408,78 kN.m

$$\begin{aligned}
M_u &= M_{Q1} + M_{Q2} + M_{UDL+KEL} \\
&= 968,485 \text{ kNm} + 64,86 \text{ kN.m} + 4408,78 \text{ kN.m} \\
&= 5422,125 \text{ kN.m}
\end{aligned}$$

#### b. Analisa Kapasitas Penampang Balok Melintang

Analisa kapasitas penampang untuk mengetahui kuat lentur, geser dan lendutan.

Kontrol kapasitas lentur

➤ Tekuk lokal :

- Sayap : (RSNI T-03-2005 ps.7.4.2)

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 34} = 4,42$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{290}} = 9,98$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{290 - 70}} = 24,945$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Badan : (RSNI T-03-2005 ps.7.7.1)

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{900 \text{ mm}}{18 \text{ mm}} = 50$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{290}} = 98,653$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{290}} = 132,12$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah  $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$Z_x = 10900 \text{ cm}^3 = 10900000 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times f_y = 10900000 \text{ mm}^3 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ &= 3161000000 \text{ Nmm} = 3161 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Tekuk lateral : (RSNI T-03-2005: tabel 8)

$L = 600 \text{ mm}$  (jarak maksimum antar sheer connector)

$$f_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$f_L = f_y - f_r = 290 \text{ Mpa} - 70 \text{ Mpa} = 220 \text{ Mpa}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$G = 80000 \text{ Mpa}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 5,56 \text{ mm} \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2900}} = 256,98 \text{ cm}$$

$$= 2569,82 \text{ mm}$$

$$L_R = 898,71 \text{ cm} = 8987,1 \text{ mm} \text{ (Isdarmanu, Marwan. Struktur Baja II Tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

$L_b < L_p < L_r$  : termasuk dalam bentang pendek.

Maka kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur :

$$M_n = M_p$$

(RSNI T-03-2005 Pasal 7.3.3)

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times f_y = 10900000 \text{ mm}^3 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ &= 3161000000 \text{ Nmm} = 3161 \text{ kNm} \end{aligned}$$

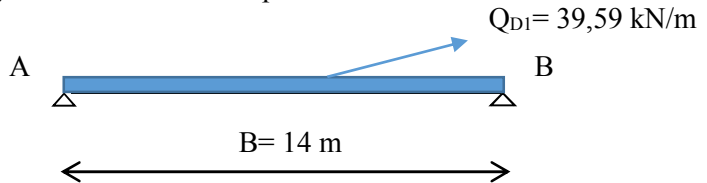
Kapasitas momen :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,90 \times 3161 \text{ kNm} \\ &= 2844,9 \text{ kNm} > M_u = 968,485 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi.

**c. Kontrol kapasitas geser**

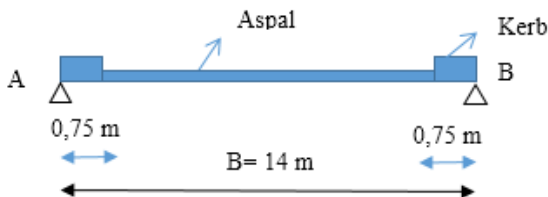
1. Gaya Geser sebelum komposit



Gambar 4. 14 Beban merata geser sebelum komposit

$$\begin{aligned} V_{D1} &= 0,5 \times Q_{D1} \times B \\ &= 0,5 \times 39,59 \text{ kN/m} \times 14 \text{ m} \\ &= 277,13 \text{ kN} = 27713 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Gaya Geser setelah komposit

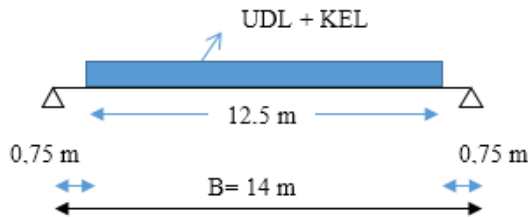


Gambar 4. 15 Beban merata geser setelah komposit



$$\begin{aligned}
 V_{D2} &= 0,5 \times ((Q_{\text{Aspal}} \times 12,5 \text{ m}) + (Q_{\text{Kerb}} \times 1,5 \text{ m})) \\
 V_{D2} &= 0,5 \times ((7,15 \text{ kN/m} \times 12,5 \text{ m}) + (29,6 \text{ kN/m} \times 1,5 \text{ m})) \\
 V_{D2} &= 66,8875 \text{ kN} = 6688,75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### 3. Gaya geser akibat UDL dan KEL tidak simetris



Gambar 4. 16 Gaya geser akibat UDL dan KEL tidak simetris

$$\begin{aligned}
 V_a &= q \times 12,5 \text{ m} \times 0,5 \\
 &= 182,04 \text{ kN/m} \times 12,5 \text{ m} \times 0,5 \\
 &= 1137,75 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } V_u &= V_{D1} + V_{a(\text{UDL}+\text{KEL})} \\
 &= 277,13 \text{ IM} + 1137,75 \\
 V_u &= 1414,88 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jadi  $V$  yang digunakan adalah  $V_u$  akibat beban UDL + KEL + beban mati sebelum komposit sebesar  $1414,88 \text{ kN}$  (yang terbesar yang menentukan), maka kuat geser sebagai berikut (LRFD 5.21):

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{884}{19} \leq \frac{1100}{\sqrt{290}}$$

$$46,53 \leq 64,59 \text{ (Geser Plastis)}$$

maka kuat geser :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times 0.6 \times f_y \times d \times t_w \\ &= 0.9 \times 0.6 \times 290 \times (900 \times 18) \\ &= 2536920 \text{ N} \\ &= 2536,92 \text{ kN} \geq 1414,88 \text{ kN}\end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan geser yang terjadi.

**d. Interaksi Geser dan Lentur**

Jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang, maka gelagar harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser (RSNI T-03-2005 ps.7.9.3), yaitu :

$$\begin{aligned}\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} &\leq 1,375 \\ \frac{968,49}{3161} + 0,625 \frac{1414,88}{2536,92} &\leq 1,375 \\ 0,65 &< 1,375\end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi interaksi geser dan lentur.

**e. Kontrol Lendutan**

Lendutan dianalisa berdasarkan kemampuan layan akibat beban hidup untuk gelagar melintang. Menurut LRFD ps. 5.5 menyatakan lendutan maksimum gelagar diatas dua tumpuan adalah  $L/500$

$$\delta_{ijin} = 1400/500 = 2,8 \text{ cm}$$

$$I_{komposit} = I_{pelat} + I_{profil}$$

$$I_{pelat} = I_o + A \cdot d^2$$

$$I_o = \frac{1}{12} \times b_{eff} \times t_p^3 = \frac{1}{12} \times \frac{1400}{5} \times 20^3 = 186666,6 \text{ cm}^4$$

$$A = \frac{A_c}{h} = \frac{b_{eff} \times t_p}{\frac{E_s}{E_c} \frac{2000000}{4700\sqrt{3500}}} = 778,56 \text{ cm}^2$$

$$d_2 = 0,5 h \text{ profil} + t_p = (0,5 \times 45) + 20 = 65 \text{ cm}$$

$$I_{\text{pelat}} = 333333,33 \text{ cm}^4 + (1390,82 \text{ cm}^2 + (65 \text{ cm})^2) \\ = 191670,23 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{profil}} = I_o + A_s \cdot d_1^2$$

$$I_o = I_x = 498000 \text{ cm}^4$$

$$A_s = 364 \text{ cm}^2$$

$$d_1 = 0,5 h \text{ profil} = 0,5 \times 90 = 45 \text{ cm}$$

$$I_{\text{profil}} = 498000 \text{ cm}^4 + (364 \text{ cm}^2 + (45 \text{ cm})^2) \\ = 498409 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{komposit}} = 191670,23 \text{ cm}^4 + 498409 \text{ cm}^4 \\ = 690079,23 \text{ cm}^4$$

a. Lendutan akibat beban hidup (UDL + KEL):

$$\delta_{(\text{udl}+\text{kel})} = \frac{5}{384} \times \frac{q_L \lambda^4}{E I_x} \\ = \frac{5}{384} \times \frac{(27,3 + 49) \times (14000)^4}{2 \times 10^5 \times 6900792300} \\ = 27,6 \text{ mm} = 2,76 \text{ cm}$$

b. Lendutan akibat beban truck :

$$\delta_{(T)} = \frac{1}{48} \times \frac{P_T \lambda^3}{E I_x} \\ = \frac{1}{48} \times \frac{112,5 \times (14000)^3}{2 \times 10^5 \times 6900792300} \\ = 0,002 \text{ mm} = 0,02 \text{ cm}$$

Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban UDL KEL = 2,76 cm

$$\text{Syarat: } \delta_{(\text{UDL} + \text{KEL})} \leq \delta_{\text{ijin}} \\ 2,76 \leq 2,8 \text{ (OK)}$$

**f. Kontrol Kapasitas Lentur (Sesudah Komposit)**

Menurut SNI T-03-2005 ps. 8.2.1 lebar efektif pelat beton diambil nilai terkecil dari:

- $1/5$  Bentang gelagar
- Jarak antar gelagar

Dimana:

$L = 1400$  m (panjang bentang)

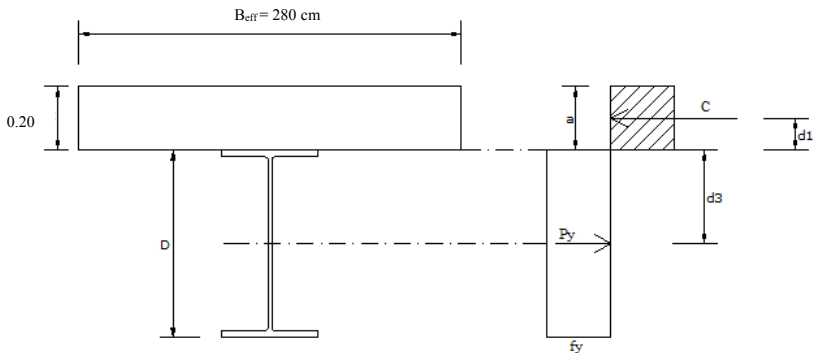
$\lambda = 5$  m (jarak antar gelagar melintang)

Lebar efektif pelat beton:

$$b_{\text{eff}} \leq \frac{L}{5} = \frac{1400}{5} = 280 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq \lambda = 500 \text{ cm}$$

diambil yang terkecil,  $b_{\text{eff}} = 280$  cm



Gambar 4. 17 Distribusi gaya pada penampang

- Kontrol kriteria penampang :

$$\frac{h}{tw} = \frac{776}{18} = 43,1$$

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{290}} = 98,65$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena (penampang kompak) maka kapasitas momen penampang dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

➤ Menentukan garis netral :

$$A_c = b_{eff} \times t_b = 280 \times 20 = 5600 \text{ cm}^2$$

$$T = A \times f_y = 36400 \text{ mm}^2 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ = 10556000 \text{ N}$$

$$C_1 = A \times f_y = 364 \times 2900 = 1055600 \text{ Kg}$$

$$C_2 = 0.85 f'_c \times A_c = 0.85 \times 350 \times 5600 \\ = 1666000 \text{ N}$$

Sehingga nilai c diambil yang terkecil yaitu

$$C_1 = 1055600 \text{ kg}$$

$$a = \frac{c}{0.85 \times f'_c \times b_{eff}} = \frac{1055600}{0.85 \times 350 \times 280} \\ = 12,67 \text{ cm}$$

karena  $a < t$  maka sumbu netral berada pada plat beton.

➤ Kapasitas momen :

$$d_1 = t - a/2 = 20 - 12,67/2 = 13,67 \text{ cm}$$

$$d_2 = 0 \text{ mm (Profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d_3 = d/2 = 90/2 = 45 \text{ cm}$$

$$M_n = C (d_1 + d_2) + T (d_3 - d_2) \\ = 1055600 \text{ kg} (13,67 + 0) + 1055600 \text{ kg} (45 - 0) \\ = 61932052 \text{ kg.cm}$$

$$\phi M_n = 0,90 \times 61932052 \text{ kg.cm}$$

$$= 55738846,8 \text{ kg.cm}$$

$$= 5573,88 \text{ kN.m} > M_u = 5442,125 \text{ kNm (OK)}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi sesudah penampang komposit.

**g. Shear Connector balok melintang**

➤ Data-data

Tebal slab  $h_c = 20 \text{ cm}$

Jarak  $\lambda = b_o = 500 \text{ cm}$

Panjang bentang  $L = 14 \text{ m}$

➤ Data Material

a. Beton

Kuat tekan beton  $f_c' = 35 \text{ Mpa}$

Modulus Elastisitas  $(E_c) = 4700\sqrt{f_c} = 27805,5 \text{ Mpa}$

Berat Beton bertulang  $W_c = 22,77 \text{ kN/m}^3$

b. Shear Connector BJ 50

Tegangan leleh baja  $f_y = 410 \text{ Mpa}$

Tegangan putus baja  $f_u = 550 \text{ Mpa}$

Diameter tulangan  $D = 22 \text{ mm}$

Luas shear connector

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,13 \text{ mm}^2$$

➤ Perhitungan Kemampuan Shear connector

$$Q_n \leq A_{sc} \times f_u$$

$$A_{sc} \times f_u = 380,13 \times 550 \\ = 209072,99 \text{ N}$$

$$Q_n = 0,5 \times A_{sc} \times (f_c' \times E_c)^{0,5} \\ = 0,5 \times 380,13 \times (35 \times 27805,5)^{0,5} \\ = 187500 \text{ N} < 209072 \text{ N (OK)}$$

➤ Perhitungan Kebutuhan Shear Connector

Perhitungan kebutuhan shear connector 1 sisi

$$n = \frac{T}{Q_n} = \frac{10556000 \text{ N}}{187500 \text{ N}} = 56,29 = 57 \text{ buah}$$

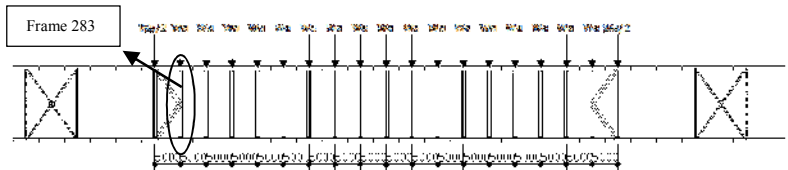
didapat jarak antar shear connector

$$S = \frac{L}{n} = \frac{0,5 \times 14000 \text{ mm}}{57} = 122,81 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

Maka digunakan shear connector D22 – 100

#### 4.1.7 Ikatan Angin Atas

Bentuk konstruksi ikatan angin atas diasumsikan sebagai konstruksi rangka batang bidang. Dan yang berfungsi sebagai batang horizontal adalah konstruksi busur.



Gambar 4. 18 Ikatan angin atas

Adapun ikatan angin atas akan digunakan penampang profil box baja. Untuk satu titik simpul pada sisi yang terkena beban, menerima beban  $P$  yang besarnya diambil rata – rata dari jumlah beban  $W$  (beban angin). Beban yang adalah  $W_a$  dan  $0,5 W_a$

Dari Output SAP didapat :

$$P = 569,93 \text{ kN (tekan)}$$

$$P = 549,695 \text{ kN (tarik)}$$

Profil yang dipakai : Box 250 x 250 x 8 x 8 ; BJ 50

$$A = 75,24 \text{ cm}^2 \quad i_x = 9,8 \text{ cm}$$

$$d = 250 \text{ mm} \quad i_y = 9,8 \text{ cm}$$

$$b = 250 \text{ mm} \quad f_y = 290 \text{ MPa}$$

$$t_b = 8 \text{ mm} \quad I_x = 7229,2 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 8 \text{ mm} \quad I_y = 7229,2 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 605,35 \text{ cm}^3 \quad Z_x = 578,34 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 605,35 \text{ cm}^3 \quad Z_y = 578,34 \text{ cm}^3$$

#### Analisa Kapasitas Penampang

Analisa kapasitas penampang untuk menghindari terjadinya flexural buckling

Sayap : (SNI 1729:2015 tabel B4.1b)

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{234 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 29,25$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 29,41$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Badan : (SNI 1729:2015 tabel B4.1a)

$$\lambda = \frac{h}{t} = \frac{234 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 29,25$$

$$\lambda_p = 1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 36,77$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah  $M_n = M_p = Z_x f_y$

Panjang tekuk :

$$L = 14 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 14 = 14 \text{ m}$$

Di mana,  $k_c$  = faktor tekuk, untuk sendi-sendi = 1  
(RSNI T-03-2005 gambar 3)

### Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{1400}{9,8} = 142,86 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{1400}{9,8} = 142,86$$

$$\lambda = \lambda_x = 142,86$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{142,86}{\pi} \times \sqrt{\frac{290}{2 \times 10^5}} = 1,73$$



Untuk nilai :  $\lambda c \geq 1,5 \rightarrow N_n = \frac{0,88}{\lambda c^2} \times A_g \times f_y$

(RSNI T-03-2005 pasal 6.2-2)

- Kuat Nominal

$$N_n = \frac{0,88}{\lambda c^2} \times A_g \times f_y$$

$$\begin{aligned} A_g &= 2 \times t_f \times B + 2 \times t_w \times H \\ &= 2 \times 8 \times 250 + 2 \times 8 \times 250 \\ &= 8000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n &= \frac{0,88}{1,73^2} \times 8000 \text{ mm}^2 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ &= 682147,75 \text{ N} = 682,15 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kontrol

$$N_u \leq \phi N_n \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 6.1-1)}$$

Dengan pengertian:

$\phi = 0,85$  (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)

Syarat:

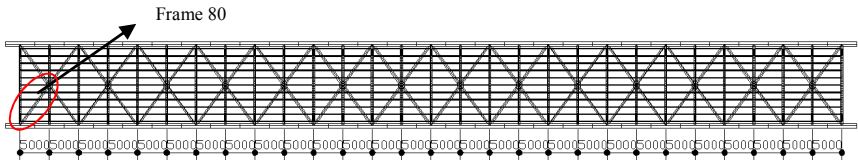
$$\begin{aligned} N_u &\leq \phi N_n \\ 569,93 \text{ kN} &\leq 0,85 \times 682,15 \text{ kN} \\ 569,93 \text{ kN} &\leq 579,83 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

### Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{L_k}{i_{\min}} \\ &= \frac{1400}{9,8} = 142,86 \leq 300 \text{ (OK)} \\ &\text{(RSNI-T-03-2005 Psl 5.3.3)} \end{aligned}$$

#### 4.1.8 Ikatan Angin Bawah

Ikatan angin bawah terdiri dari batang tarik dan tekan, berikut peniabarannya:



Gambar 4. 19 Ikatan angin bawah

Dari Output SAP didapat :

P = 438,9 kN (tekan)

P = 23,8 kN (tarik)

Profil yang dipakai : L 200.200.20.20 BJ 50

A = 76,4 cm<sup>2</sup>      w = 54,9 kg/m

d = 20 mm      i<sub>x</sub> = 6,11 cm

b = 200 mm      i<sub>y</sub> = 6,11 cm

t<sub>b</sub> = 20 mm      f<sub>y</sub> = 290 MPa

t<sub>f</sub> = 20 mm      I<sub>y</sub> = 2850 cm<sup>4</sup>

e = 5,68 cm      I<sub>x</sub> = 2850 cm<sup>4</sup>

S<sub>x</sub> = 201,92 cm<sup>3</sup>      S<sub>y</sub> = 201,92 cm<sup>3</sup>

#### Analisa Kapasitas Penampang

Pelat sayap:

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2t_f} &= \frac{200}{2 \times 20} = 5 \\ \lambda_R &= \frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{290} = 11,74 \end{aligned} \right\} \frac{bf}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk :

L = 8,6 m

L<sub>k</sub> = k<sub>c</sub> x L = 1 x 8,6 = 8,6 m

Di mana, k<sub>c</sub> = faktor tekuk, untuk sendi-sendi = 1

(RSNI T-03-2005 gambar 3)

**Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan**

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{860}{6,11} = 140,75 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{860}{6,11} = 140,75$$

$$\lambda = \lambda_x = 140,75$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{140,75}{\pi} \times \sqrt{\frac{240}{2 \times 10^5}} = 1,55$$

Untuk nilai :  $\lambda_c \geq 1,5 \rightarrow N_n = \frac{0,88}{\lambda_c^2} \times A_g \times f_y$

(RSNI T-03-2005 pasal 6.2-2)

- Kuat Nominal

$$N_n = \frac{0,88}{\lambda_c^2} \times A_g \times f_y$$

$$\begin{aligned} A_g &= 2 \times t_f \times H \\ &= 2 \times 20 \times 200 \\ &= 8000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n &= \frac{0,88}{1,55^2} \times 8000 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 \\ &= 703267 \text{ N} = 703,27 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kontrol

$$N_u \leq \phi N_n \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 6.1-1)}$$

Dengan pengertian:

$\phi = 0,85$  (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)

Syarat:

$$\begin{aligned} N_u &\leq \phi N_n \\ 438,9 \text{ kN} &\leq 0,85 \times 703,27 \text{ kN} \\ 438,9 \text{ kN} &\leq 597,78 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

**Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik**

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{L_k}{i_{\min}} \\
 &= \frac{860}{6,11} = 140,75 \leq 300 \text{ (OK)} \\
 &\text{(RSNI-T-03-2005 Psl 5.3.3)}
 \end{aligned}$$

## 4.2 Perencanaan Struktur Primer

### 4.2.1 Perhitungan Pembebanan

#### a. Pembebanan

Beban yang digunakan sesuai dengan standar pembebanan untuk jembatan (SNI 1725:2016) dimana :

#### 1. Beban Mati

Beban mati pada perencanaan ini meliputi berat sendiri dari masing-masing elemen struktur dan berat mati tambahan yang berupa berat pelat lantai kendaraan dan aspal. Besarnya beban-beban mati tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Aspal} = 2200 \text{ kg/m}^3$$

#### 2. Beban Lajur D

Beban terbagi rata (UDL) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dengan besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$ . Panjang yang dibebankan  $L$  adalah panjang total UDL yang bekerja pada jembatan. Beban garis (KEL) dengan intensitas  $p$  KN/m harus ditempatkan tegak lurus arah lalu-lintas pada jembatan.

Diketahui:

$$L = 5 \text{ m (jarak antar kabel), sehingga:}$$

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9.0 \text{ kPa}$$

$$\gamma_{TD}^U = 2 \text{ (Keadaan batas ultimit pada boks girder baja)}$$

$$p = 49.0 \text{ kN/m.}$$

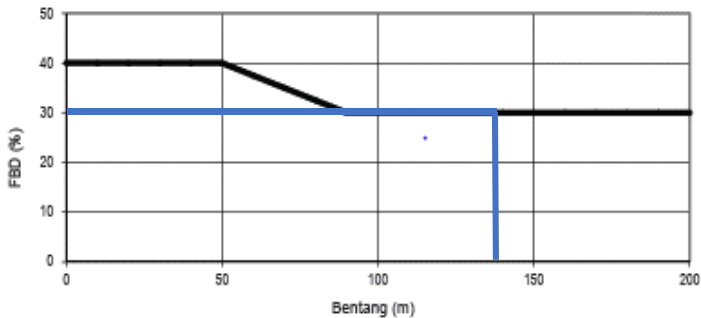
$$\begin{aligned} Q \text{ UDL} &= q \times \gamma_{TD}^U \\ &= 9.0 \text{ kN/m}^2 \times 2 \\ &= 18.0 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ BGT} &= p \times \gamma_{TD}^U \\ &= 49 \text{ kN/m} \times 2 \\ &= 98.0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

### 3. Beban Truck T

Selain beban “D”, terdapat beban lalu lintas yaitu beban truk “T”. Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan digunakan untuk perhitungan struktur lantai.

Diketahui:



Gambar 4. 20 Grafik FBD

$$\begin{aligned}
 P &= 112,5 \text{ kN} \\
 \gamma_{TT}^U &= 2 \text{ (Keadaan batas ultimit pada boks girder baja)} \\
 FBD &= 30\% \\
 Q_{TT} &= 112,5 \text{ kN} \times (1 + FBD) \times \gamma_{TT}^U \\
 &= 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3) \times 2 \\
 &= 292,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

### 4. Beban Angin

- Tekanan Angin Horizontal

Tekanan angin menurut SNI 1725:2016 Pasal 9.6.1 yang ditentukan untuk angin horizontal diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (VB) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm di atas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana VDZ harus dihitung dengan persamaan berikut:

$$v_{DZ} = 2,5 v_o \left( \frac{v_{10}}{v_B} \right) \ln \left( \frac{z}{z_o} \right) \quad (3-8)$$

Diketahui:

$V_o = 19,3$  km/jam (lokasi kota)

$Z_o = 2500$  mm (lokasi kota)

$V_{10} = 90$

$V_B = 90$

$Z = 29,515$ m

Sehingga:

$$v_{DZ} = 2,5 v_o \left( \frac{v_{10}}{v_B} \right) \ln \left( \frac{z}{z_o} \right)$$

$$v_{DZ} = 2,5 \times 19,3 \left( \frac{90}{90} \right) \ln \left( \frac{29,515}{2500} \right)$$

$$v_{DZ} = 119,11 \text{ km/jam}$$

- **Beban Angin Pada Struktur (Ews)**

Tekanan angin rencana (MPa) dapat ditetapkan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_D = P_B \left( \frac{v_{DZ}}{v_B} \right)^2 \quad (3-9)$$

Diketahui:

PB rangka, kolom, dan pelengkung = 0,0024 Mpa (tekan)

PB rangka, kolom, dan pelengkung = 0,0012 Mpa (hisap)

PB balok = 0,0024 Mpa (tekan)

PB permukaan datar = 0,0019 Mpa (tekan)

$$P_D = P_B \left( \frac{v_{DZ}}{v_B} \right)^2$$

Untuk rangka, kolom, dan pelengkung

$$P_D \text{ tekan} = 0,0024 \left( \frac{119,11}{90} \right)^2 = 0,0042 \text{ MPa}$$

$$P_D \text{ hisap} = 0,0012 \left( \frac{119,11}{90} \right)^2 = 0,0021 \text{ MPa}$$

Untuk balok

$$P_D \text{ tekan} = 0,0024 \left( \frac{119,11}{90} \right)^2 = 0,0042 \text{ MPa}$$

Untuk permukaan datar

$$P_D \text{ tekan} = 0,0019 \left( \frac{119,11}{90} \right)^2 = 0,0033 \text{ MPa}$$

## 5. **Beban Temperatur**

Temperatur yang digunakan adalah sebesar 25<sup>0</sup> celcius, dengan asumsi pada saat pemasangan tidak memperhatikan beban temperatur.

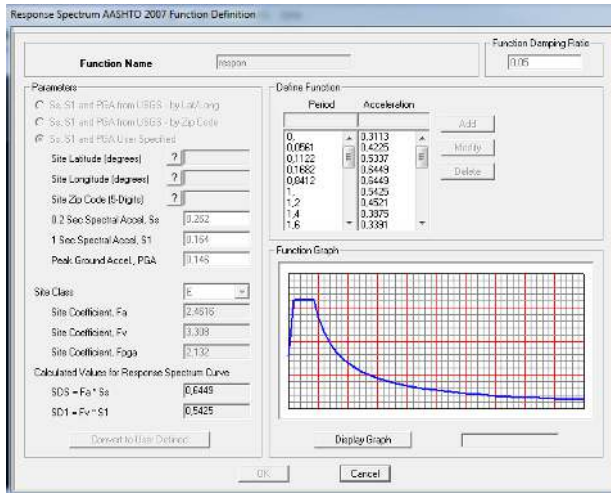
## 6. **Beban Gempa**

Untuk perhitungan gaya gempa direncanakan menggunakan perhitungan respon spectrum yang dihasilkan dari pusjatan.pu.go.id, dengan menginput nama Kota lokasi project dan hasil analisis kategori tanah yang kemudian di input kedalam Funtion Response Spectrum AASHTO 2007 pada SAP 2000. Maka Kota Palembang dengan kategori tanah lunak didapat :

Ss	: 0,262
S1	: 0,164
PGA	: 0,146



Site Class : E



Gambar 4. 21 Grafik Response Spectrum

## 7. Kombinasi Pembebanan

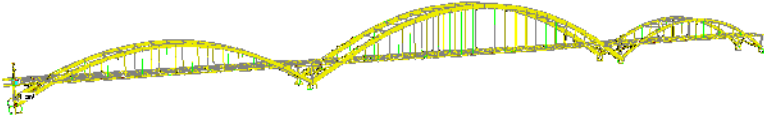
Kombinasi beban yang digunakan sesuai dengan standar pembebanan untuk jembatan (SNI 1725:2016) disebutkan bahwa pembebanan yang bekerja pada struktur jembatan terdiri dari beban mati (berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup, beban angin, beban temperatur dan beban gempa. Berikut adalah kombinasi beban yang digunakan sesuai SNI 1726:2016 tabel 1:

1. KUAT 1 :  $1,2D + 1,8L + 1T$
2. KUAT 3 :  $1,2D + 1,4W + 1T$
3. EKSTREM 1 :  $1,2D + 0,5L + 1EQ$

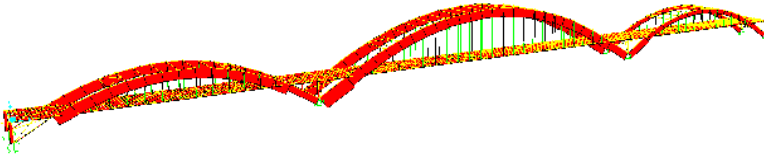
### b. Permodelan Struktur

Setelah melalui tahap preliminary desain dan perencanaan pembebanan, dilakukan permodelan struktur jembatan busur box baja kemudian beban yang sudah direncanakan dibebankan pada model jembatan yang telah dibuat serta melakukan analisa struktur

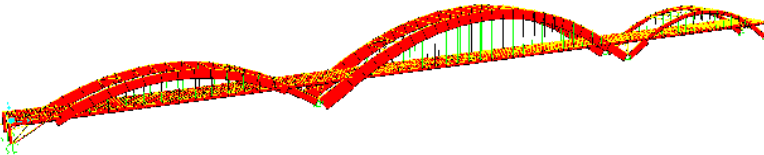
jembatan dengan program bantu SAP 2000. Berikut adalah hasil hasil analisa menggunakan program bantu SAP 2000:



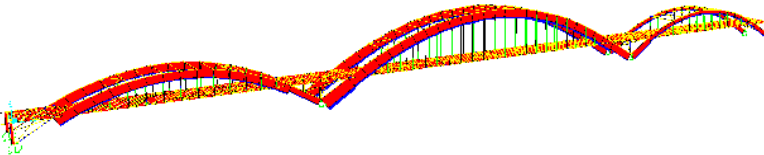
Gambar 4. 22 3D View Modifikasi Jembatan Musi IV



Gambar 4. 23 Aksial Forces Akibat Kombinasi Kuat 1



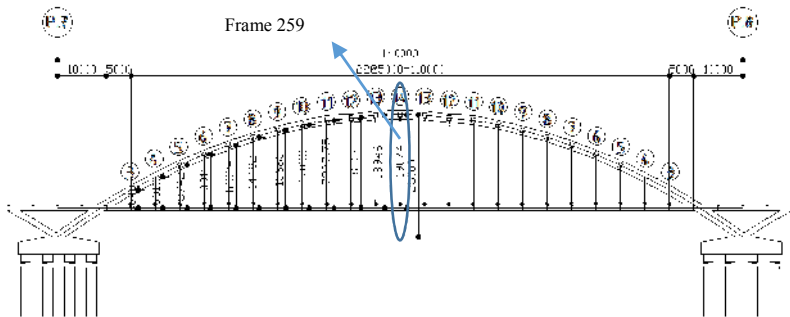
Gambar 4. 24 Aksial Forces Akibat Kombinasi Kuat 3



Gambar 4. 25 Aksial Forces Akibat Kombinasi Ekstrem 1

#### 4.2.2 Perencanaan Batang Penggantung

Panjang dari batang penggantung dicari menggunakan pendekatan rumus sumbu geometrik busur.



Gambar 4. 26 Konstruksi Pemikul Utama

Persamaan parabola untuk frame cable 259

$$Y_n = 4 f X (L - X) / L^2$$

$$f = 25 \text{ m}$$

$$X = 70 \text{ m}$$

$$L = 140 \text{ m}$$

$$Y_n = 4 \times 25 \text{ m} \times 70 \text{ m} (140 \text{ m} - 70 \text{ m}) / (140 \text{ m})^2 = 25 \text{ m}$$

Didapat Output Sap Cable frame 259,  $P_u = 1832,48 \text{ kN}$

Dengan itu, digunakan profil Rod Hanger Anvil diameter 4,5" dengan  $P_{ijin} = 2067 \text{ kN}$

Syarat:

$$P_u < P_{ijin}$$

$$1832,48 \text{ kN} < 2067 \text{ kN (OK)}$$

Output Sap yang dihasilkan:

Tabel 4. 2 Gaya yang terjadi pada batang penggantung

Titik	Frame	X (m)	Yn (m)	Kontrol (kN)	
				P terjadi	P ijin
3	248	15	9,57	941,36	2067
4	249	20	12,24	1338,33	2067
5	250	25	14,67	1452,81	2067



#### 4.2.4 Stabilitas Penampang Busur

##### a. Batang Tekan Busur

Digunakan profil box 1800 1000 50 50 (frame 185)

An	= 270000 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{baja}$	= 7850 kg/m <sup>3</sup>
A	= 1800 mm	BJ	55
B	= 1000 mm	$f_y$	= 410 N/mm <sup>2</sup>
tw	= 50 mm	$f_r$	= 70 N/mm <sup>2</sup>
tf	= 50 mm	$f_u$	= 550 N/mm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub>	= 11752500 cm <sup>4</sup>	E	= 2 x 10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>
I <sub>y</sub>	= 4672500 cm <sup>4</sup>	J	= 10236690 cm <sup>4</sup>
i <sub>x</sub>	= 659,76 mm		
i <sub>y</sub>	= 416 mm		
Z <sub>x</sub>	= 159750 cm <sup>3</sup>		
Z <sub>y</sub>	= 105750 cm <sup>3</sup>		
S <sub>x</sub>	= 130583,33 cm <sup>3</sup>		
S <sub>y</sub>	= 93450 cm <sup>3</sup>		

Dari output SAP, didapatkan:

Busur mengalami tekan (Frame 185)

Komb. Kuat 1



Didapatkan:

$$N_u = -43714,37 \text{ kN}$$

➤ Kontrol kelangsingan komponen struktur tekan

$$\lambda = \frac{L \cdot k}{r}$$

Terhadap sumbu x

$$L = 11624 \text{ mm}$$

$$k = 1 \text{ (sendi-sendiri ; RSNI T-03-2005 Gambar 3)}$$

$$\begin{aligned}\lambda_x &= \frac{L \cdot k}{r} \leq 140 \quad (\text{RSNI T-03-2005 pasal 6.1}) \\ &= \frac{11624 \text{ mm} \cdot 1}{659,76 \text{ mm}} = 17,62 \text{ mm} < 140 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_y &= \frac{L \cdot k}{r} \leq 140 \quad (\text{RSNI T-03-2005 pasal 6.1}) \\ &= \frac{11624 \text{ mm} \cdot 1}{416 \text{ mm}} = 27,94 \text{ mm} < 140 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

Berdasarkan RSNI T-03-2005 pasal 6.2 untuk menetapkan parameter kelangsingan:

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{L \cdot k}{r \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \\ &= \frac{1}{\pi} 27,95 \text{ mm} \sqrt{\frac{410 \text{ N/mm}^2}{200.000 \text{ N/mm}^2}} \\ &= 0,40 \text{ mm}\end{aligned}$$

Untuk nilai :  $\lambda_c \leq 1,5 \rightarrow N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) A_g f_y$   
(RSNI T-03-2005 pasal 6.2-1)

- Kuat Nominal

$$\begin{aligned}N_n &= (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \\ A_g &= 2 t_w A + 2 t_f B \\ &= 2 \times 50 \text{ mm} \times 1800 \text{ mm} + 2 \times 50 \text{ mm} \\ &\quad \times 1000 \text{ mm} \\ &= 280000 \text{ mm}^2 \\ N_n &= (0,66^{0,40^2}) \times 280000 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ N/mm}^2 \\ &= 107415985,61 \text{ N} = 107415,99 \text{ kN}\end{aligned}$$

- Kontrol

$$N_u \leq \phi N_n ; (\text{RSNI T-03-2005 pasal 6.1-1})$$

Dengan pengertian:

$\phi = 0,85$  (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)

$N_n = (0,66^{\lambda c^2}) A_g f_y$  (kuat tekan terfaktor ; RSNI T-03-2005 pasal 6.2-1)

Syarat:

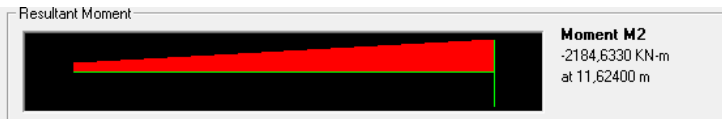
$$\begin{aligned} N_u &\leq \phi \cdot N_n \\ 43714,37 \text{ kN} &\leq 0,85 \cdot 107415,99 \text{ kN} \\ 43714,37 \text{ kN} &\leq 91303,59 \text{ kN (OK)} \end{aligned}$$

➤ Tekuk lokal :



Didapatkan:

$$M_{ux} = 2814,72 \text{ kNm}$$



Didapatkan:

$$M_{uy} = -2184,63 \text{ kNm}$$

- Arah X : (SNI 1729:2015 tabel B4.1a ( Lanjutan))

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{1700}{50} = 34$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 24,74$$

$$\lambda_r = 1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 30,92$$

$$\lambda_p \leq \lambda_r \leq \lambda \rightarrow \text{Penampang langsing}$$

Maka,

$$M_{n_x} = M_r = S_x \times (f_y - f_r)$$

$$Mn_x = 130583330 \text{ mm}^3 \times (410-70) \text{ N/mm}^2 \\ = 44398332200 \text{ Nmm} = 44398,33 \text{ kNm}$$

- Arah Y : (SNI 1729:2015 tabel B4.1a (Lanjutan))

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{900}{50} = 18$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 24,74$$

$$\lambda_r = 1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 30,92$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{290}} = 132,12$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Maka,

$$Mn_y = Mp = Zy \times f_y$$

$$Mn_y = 105750000 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ N/mm}^2 \\ = 43357500000 \text{ Nmm} = 43357,5 \text{ kNm}$$

- Tekuk lateral : (RSNI T-03-2005: tabel 8)

$$L = 1162,4 \text{ cm}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$G = 80000 \text{ Mpa}$$

$$L_p = 0,13 \times E \times r_y \frac{\sqrt{J \times A}}{Mp} \\ = 0,13 \times 200000 \text{ kg/cm}^2 \times 41,6 \text{ cm} \\ \times \frac{\sqrt{10236690 \text{ cm}^4 \times 2700 \text{ cm}^2}}{433575000 \text{ kgcm}} \\ = 4147,29 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$  : termasuk dalam bentang pendek.

Maka kuat nominal komponen struktur terhadap momen



lentur :

$M_n = M_p$  ; (RSNI T-03-2005 Pasal 7.3.3)

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times f_y \\ &= 159750000 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ N/mm}^2 \\ &= 65497500000 \text{ Nmm} = 65497,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times f_y \\ &= 105750000 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ N/mm}^2 \\ &= 35279680000 \text{ Nmm} = 35279,68 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kapasitas momen (diambil terkecil  $M_n$  lokal/lateral)

$$\begin{aligned} \phi M_{nx} &= 0,90 \times 44398,33 \text{ kNm} \\ &= 39958,5 \text{ kNm} > M_{ux} = 2814,72 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_{ny} &= 0,90 \times 35279,68 \text{ Nm} \\ &= 31751,71 \text{ kNm} > M_{uy} = 2184,63 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi.

➤ Kontrol terhadap geser



Didapatkan:

$$V_u = 1484,74 \text{ kN}$$

Pelat badan yang memikul gaya geser terfaktor harus memenuhi :

$$V_u \leq \phi \cdot V_n \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps.7.8})$$

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{1700}{50} = 34$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(270000/1800)^2} = 5$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n \times E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 200000}{410}} = 54,32$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n \times E}{f_y}}, \text{ maka kuat geser :}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \times f_y \times A_w \text{ (RSNI T-03-2005 ps.7.8.-3a)} \\ &= 0,6 \times 410 \times (1800 \times 50) \\ &= 22140000 \text{ N} = 22140 \text{ kN} \end{aligned}$$

(kuat geser terfaktor ; RSNI T-03-2005 pasal 7.8.1)

Syarat:

$$\begin{array}{rcl} V_u & \leq & \phi \cdot V_n \\ 1484,74 \text{ kN} & \leq & 0,75 \cdot 22140 \text{ kN} \\ 1484,74 \text{ kN} & \leq & 16605 \text{ kN} \end{array}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan geser yang terjadi

#### ➤ Kontrol Interaksi Gaya

Interaksi Aksial dan Lentur

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{43714,37 \text{ kN}}{91303,59 \text{ kN}} = 0,48$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} \geq 0,2 \text{ (RSNI T-03-2005 ps.7.16.1a)}$$

Syarat:

$$\frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1$$

$$\frac{43714,37 \text{ kN}}{91303,59 \text{ kN}} + \frac{8}{9} \left( \frac{2814,72 \text{ kNm}}{39958,5 \text{ kNm}} + \frac{2184,63 \text{ kNm}}{31751,71 \text{ kNm}} \right) \leq 1$$

$$0,60 < 1 \text{ (OK)}$$

➤ Kontrol lendutan



Lendutan yang terjadi (output SAP) = 0,96 cm

Batas lendutan Maksimal (RSNI T-03-2005 ps.4.7.2)

$L/800 = 1100/800 = 1,375\text{cm} > 0,96\text{ cm (OK)}$

Digunakan profil box 1800 1000 50 50 (frame 247)

An	= 270000 mm <sup>2</sup>	$\gamma$ baja	= 7850 kg/m <sup>3</sup>
A	= 1800 mm	BJ 55	
B	= 1000 mm	fy	= 410 N/mm <sup>2</sup>
tw	= 50 mm	fr	= 70 N/mm <sup>2</sup>
tf	= 50 mm	fu	= 550 N/mm <sup>2</sup>
Ix	= 11752500 cm <sup>4</sup>	E	= 2 x 10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>
Iy	= 4672500 cm <sup>4</sup>	J	= 10236690 cm <sup>4</sup>
ix	= 659,76 mm		
iy	= 416 mm		
Zx	= 159750 cm <sup>3</sup>		
Zy	= 105750 cm <sup>3</sup>		
Sx	= 130583,33 cm <sup>3</sup>		
Sy	= 93450 cm <sup>3</sup>		

Dari output SAP, didapatkan:

Busur mengalami tekan (Frame 247)

Komb. Kuat 1



Didapatkan:

$$N_u = -10772,77 \text{ kN}$$

➤ Kontrol Kelangsingan komponen struktur tekan

$$\lambda = \frac{L \cdot k}{r}$$

Terhadap sumbu x

$$L = 5000 \text{ mm}$$

$$k = 1 \text{ (sendi-sendiri ; RSNI T-03-2005 Gambar 3)}$$

$$\lambda_x = \frac{L \cdot k}{r} \leq 140 \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 6.1)}$$

$$= \frac{5000 \text{ mm} \cdot 1}{659,76 \text{ mm}}$$

$$= 7,58 \text{ mm} < 140 \text{ (OK)}$$

$$\lambda_y = \frac{L \cdot k}{r} \leq 140 \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 6.1)}$$

$$= \frac{5000 \text{ mm} \cdot 1}{416 \text{ mm}}$$

$$= 12,02 \text{ mm} < 140 \text{ (OK)}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

Berdasarkan RSNI T-03-2005 pasal 6.2 untuk menetapkan parameter kelangsingan:

$$\lambda_c = \frac{L \cdot k}{r \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$= \frac{1}{\pi} 12,02 \text{ mm} \sqrt{\frac{410 \text{ N/mm}^2}{200000 \text{ N/mm}^2}}$$

$$= 0,17 \text{ mm}$$

Untuk nilai :  $\lambda_c \leq 1,5 \rightarrow N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y$   
(RSNI T-03-2005 pasal 6.2-1)

- Kuat Nominal

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y$$

$$A_g = 2 t_w A + 2 t_f B$$

$$= 2 \times 50 \times 1800 + 2 \times 50 \times 1000$$

$$\begin{aligned}
 &= 280000 \text{ mm}^2 \\
 &= (0,66^{0,17^2}) \times 280000 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 113429680,24 \text{ N} = 113429,68 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Kontrol

$N_u \leq \phi N_n$  ; (RSNI T-03-2005 pasal 6.1-1)

Dengan pengertian:

$\phi = 0,85$  (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)

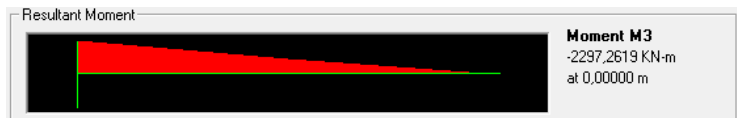
$$N_n = (0,66^{\lambda c^2}) \times A_g \times f_y$$

(kuat tekan terfaktor ; RSNI T-03-2005 pasal 6.2-1)

Syarat:

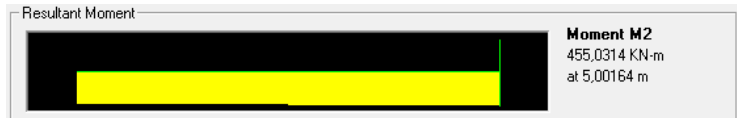
$$\begin{aligned}
 N_u &\leq \phi N_n \\
 10772,77 \text{ kN} &\leq 0,85 \times 113429,68 \text{ kN} \\
 10772,77 \text{ kN} &\leq 96415,23 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

➤ Tekuk lokal :



Didapatkan:

$$M_{ux} = -2297,26 \text{ kNm}$$



Didapatkan:

$$M_{uy} = 455,03 \text{ kNm}$$

- Arah X : (SNI 1729:2015 tabel B4.1a ( Lanjutan))

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{1700}{50} = 34$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 24,74$$

$$\lambda_r = 1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 30,92$$

$$\lambda_p \leq \lambda_r \leq \lambda \rightarrow \text{Penampang langsing}$$

Maka,

$$M_{n_x} = M_r = S_x (f_y - f_r)$$

$$\begin{aligned} M_{n_x} &= 130583330 \text{ mm}^3 \times (410 - 70) \text{ N/mm}^2 \\ &= 44398332200 \text{ Nmm} = 44398,33 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Arah Y : (SNI 1729:2015 tabel B4.1a (Lanjutan))

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{900}{50} = 18$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 24,74$$

$$\lambda_r = 1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 30,92$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{290}} = 132,12$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Maka,

$$M_{n_y} = M_p = Z_y \times f_y$$

$$\begin{aligned} M_{n_y} &= 105750000 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ N/mm}^2 \\ &= 43357500000 \text{ Nmm} = 43357,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

➤ Tekuk lateral : (RSNI T-03-2005: tabel 8)

$$L = 1162,4 \text{ cm}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$G = 80000 \text{ Mpa}$$

$$L_p = 0,13 \times E \times r_y \frac{\sqrt{J \times A}}{M_p}$$

$$= \frac{0,13 \times 2000000 \text{ kg/cm}^2 \times 41,6 \text{ cm} \times \sqrt{10236690 \text{ cm}^4 \times 2700 \text{ cm}^2}}{433575000 \text{ kgcm}}$$

$$= 4147,29 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$  : termasuk dalam bentang pendek.

Maka kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur :

$M_n = M_p$  (RSNI T-03-2005 Pasal 7.3.3)

$$\begin{aligned} M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times f_y \\ &= 159750000 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ N/mm}^2 \\ &= 65497500000 \text{ Nmm} = 65497,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

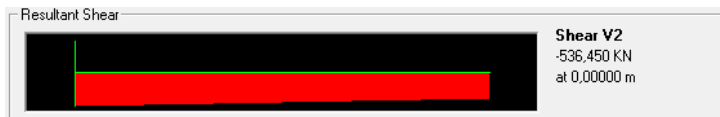
$$\begin{aligned} M_{ny} &= M_{py} = Z_y \times f_y \\ &= 105750000 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ N/mm}^2 \\ &= 35279680000 \text{ Nmm} = 35279,68 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kapasitas momen (diambil terkecil  $M_n$  lokal/lateral)

$$\begin{aligned} \phi M_{nx} &= 0,90 \times 44398,33 \text{ kNm} \\ &= 39958,5 \text{ kNm} > M_{ux} = 2297,26 \text{ kNm} \\ \phi M_{ny} &= 0,90 \times 35279,68 \text{ kNm} \\ &= 31751,71 \text{ kNm} > M_{uy} = 455,03 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi.

➤ Kontrol terhadap geser



Didapatkan:

$$V_u = -536,45 \text{ kN}$$

Pelat badan yang memikul gaya geser terfaktor harus memenuhi :

$$V_u \leq \phi \cdot V_n \text{ (RSNI T-03-2005 ps.7.8)}$$

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{1700}{50} = 34$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(270000/1800)^2} = 5$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n \times E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 200000}{410}} = 54,32$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}, \text{ maka kuat geser :}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \text{ (RSNI T-03-2005 ps.7.8.-3a)} \\ &= 0,6 \times 410 \times (1800 \times 50) \\ &= 22140000 \text{ N} = 22140 \text{ kN} \end{aligned}$$

(kuat geser terfaktor ; RSNI T-03-2005 pasal 7.8.1)

Syarat:

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi V_n \\ 536,45 \text{ kN} &\leq 0,75 \times 22140 \text{ kN} \\ 536,45 \text{ kN} &\leq 16605 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan geser yang terjadi

#### ➤ Kontrol Interaksi Gaya

Interaksi Aksial dan Lentur N

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{10772,77 \text{ kN}}{96415,23 \text{ kN}} = 0,11$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} \leq 0,2 \text{ (RSNI T-03-2005 ps.7.16.1b)}$$

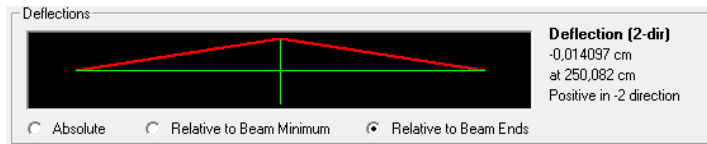


$$\frac{N_u}{2 \phi N_{nn}} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1$$

$$\frac{10772,77 \text{ kN}}{2 \times 96415,23 \text{ kN}} + \left( \frac{2297,26 \text{ kNm}}{39958,5 \text{ kNm}} + \frac{455,03 \text{ kNm}}{31751,71 \text{ kNm}} \right) \leq 1$$

$$0,13 < 1 \quad (\text{OK})$$

➤ Kontrol lendutan



Lendutan yang terjadi (output SAP) = 0,01 cm

Batas lendutan Maksimal (RSNI T-03-2005 ps.4.7.2)

$L/800 = 500/800 = 1,625 \text{ cm} > 0,01 \text{ cm}$  (OK)

**b. Batang Tarik Busur**

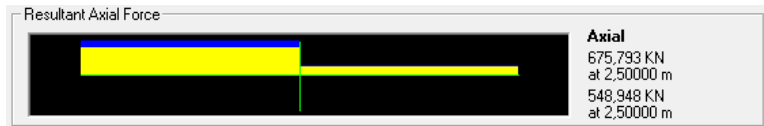
Digunakan profil box 750 500 30 30

An	= 48400 mm <sup>2</sup>	γ baja	= 7850 kg/m <sup>3</sup>
A	= 750 mm	BJ	55
B	= 500 mm	f <sub>y</sub>	= 410 N/mm <sup>2</sup>
tw	= 30 mm	f <sub>u</sub>	= 550 N/mm <sup>2</sup>
tf	= 30 mm	E	= 2 x 10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub>	= 385820,3 cm <sup>4</sup>	J	= 405884,8 cm <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	= 205345,33 cm <sup>4</sup>		
i <sub>x</sub>	= 28,23 cm		
i <sub>y</sub>	= 20,6 cm		
Z <sub>x</sub>	= 12341 cm <sup>3</sup>		
Z <sub>y</sub>	= 9316 cm <sup>3</sup>		

Dari output SAP, didapatkan:

Busur mengalami tarik (Frame 1583)

Komb. EKSTREM 1



Didapatkan:

$$N_u = 675,79 \text{ kN}$$

➤ Kontrol penampang

- Arah X : (SNI 1729:2015 tabel B4.1a ( Lanjutan))

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{690}{30} = 23$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 24,74$$

$$\lambda_r = 1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 30,92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Arah Y : (SNI 1729:2015 tabel B4.1a (Lanjutan))

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{440}{30} = 14,6$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 24,74$$

$$\lambda_r = 1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 30,92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah  $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$Z_x = 12341 \text{ cm}^3 = 12341000 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 12341000 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ N/mm}^2 \\ &= 5059810000 \text{ Nmm} = 5059810 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- Kontrol tahanan nominal batang tarik  
Menurut RSNI T-03-2005 pasal 5.1 kuat tarik nominal yang besarnya diambil sebagai nilai terendah di beberapa kondisi berikut ini

Kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan penampang bruto

$$N_n = A_g \cdot f_y$$

$$A_g = 2 t_w A + 2 t_f B$$

$$= 2 \times 30 \text{ mm} \times 750 \text{ mm} + 2 \times 30 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$$

$$= 75000 \text{ mm}^2$$

$$N_n = 75000 \text{ mm}^2 \cdot 410 \text{ N/mm}^2$$

$$= 30750000 \text{ N} = 30750 \text{ kN}$$

Syarat:

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$675,79 \text{ kN} \leq 0,75 \cdot 30750 \text{ kN}$$

$$675,79 \text{ kN} \leq 23062,5 \text{ kN (OK)}$$

- Kontrol terhadap geser



Didapatkan:

$$V_u = 217,94 \text{ kN}$$

$$V_u \leq \phi V_n \text{ (RSNI T-03-2005 ps.7.8)}$$

Luas penampang badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{690}{30} = 23$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(48400/690)^2} = 5$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n \times E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 200000}{410}} = 54,32$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}, \text{ maka kuat geser :}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \text{ (RSNI T-03-2005 ps.7.8.-3a)} \\ &= 0,6 \times 410 \times (750 \times 30) \\ &= 5535000 \text{ N} = 5535 \text{ kN} \end{aligned}$$

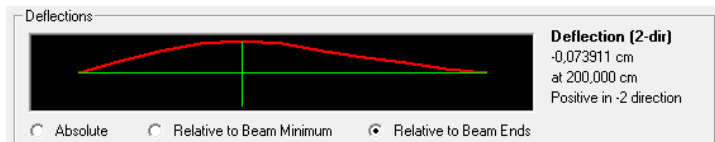
(kuat geser terfaktor ; RSNI T-03-2005 pasal 7.8.1)

Syarat:

$$\begin{aligned} V_u &\leq \phi V_n \\ 217,94 \text{ kN} &\leq 0,75 \cdot 5535 \text{ kN} \\ 217,94 \text{ kN} &\leq 4151,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan geser yang Terjadi

#### ➤ Kontrol lendutan



Lendutan yang terjadi (output SAP) = 0,07 cm

Batas lendutan Maksimal (RSNI T-03-2005 ps.4.7.2)

$$L/800 = 500/800 = 1,625 \text{ cm} > 0,07 \text{ cm (OK)}$$



$$\begin{aligned} V_u &= 7,79 \text{ kN} \\ M_{u_x} &= 20,16 \text{ kNm} \\ M_{u_y} &= 9,66 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### Analisa Kapasitas Penampang

Analisa kapasitas penampang untuk menghindari terjadinya flexural buckling.

(SNI 1729:2015 tabel B4.1b Lanjutan)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{14 \text{ in}}{0,5 \text{ in}} = 28$$

$$\lambda_p = 0,07 \times \frac{E}{F_y} = 0,07 \times \frac{200000}{290} = 48,28$$

Karena  $\lambda \leq \lambda_p$  (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah  $M_{n_x} = M_{p_x} = Z_x f_y$

$$\begin{aligned} M_{p_x} = M_{n_x} &= Z_x f_y = 1493950 \text{ mm}^3 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ &= 433245500 \text{ Nmm} = 433,25 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{p_y} = M_{n_y} &= Z_y f_y = 1493950 \text{ mm}^3 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ &= 433245500 \text{ Nmm} = 433,25 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### Kontrol Momen

$$M_{u_x} \leq \phi M_{n_x} \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 7.1.2)}$$

Dengan pengertian:

$$\phi = 0,85 \text{ (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)}$$

Syarat:

$$M_{u_x} \leq \phi M_{n_x}$$

$$20,16 \text{ kNm} \leq 0,85 \times 433,25 \text{ kNm}$$

$$20,16 \text{ kNm} \leq 368,26 \text{ kNm (OK)}$$

Panjang tekuk :

$$L = 9,1 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 9,1 = 9,1 \text{ m} = 910 \text{ cm}$$

Di mana,  $k_c$  = faktor tekuk, untuk sendi-sendi = 1  
(RSNI T-03-2005 gambar 3)

**Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan**

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{910}{12,13} = 75,02 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{910}{12,13} = 75,02$$

$$\lambda = \lambda_x = 75,02$$

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{75,02}{\pi} \times \sqrt{\frac{290}{2 \times 10^5}} \\ &= 0,91 \end{aligned}$$

Untuk nilai :  $\lambda_c \leq 1,5 \rightarrow N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y$   
(RSNI T-03-2005 pasal 6.2-2)

- Kuat Nominal

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y$$

$$\lambda_c^2 = 0,91^2 = 0,83$$

$$A_g = \text{kll lingkaran} \times t$$

$$= \pi \times 35,56 \text{ cm} \times 1,27 \text{ cm}$$

$$= 141,88 \text{ cm}^2 = 14188 \text{ mm}^2$$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y$$

$$= (0,66^{0,83}) \times 14188 \times 290$$

$$= 2854420 \text{ N} = 2854,42 \text{ kN}$$

- Kontrol

$$N_u \leq \phi N_n \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 6.1-1)}$$

Dengan pengertian:

$\phi = 0,85$  (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)

Syarat:

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$1083,07 \text{ kN} \leq 0,85 \times 2854,42 \text{ kN}$$

$$1083,07 \text{ kN} \leq 2426,26 \text{ kN (OK)}$$

**Kontrol Geser**

$$V_u \leq \phi V_n \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 7.9-2c)}$$

Dengan pengertian:

$$\phi = 0,9 \text{ (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)}$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 290 \text{ N/mm}^2 \times 14188 \text{ mm}^2 \\ &= 2221840 \text{ N} = 2221,84 \text{ kN}\end{aligned}$$

Syarat:

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$7,79 \text{ kN} \leq 2221,84 \text{ kN}$$

$$7,79 \text{ kN} \leq 2221,84 \text{ kN (OK)}$$

**Kontrol Interaksi Gaya Geser dan Lentur**

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{20,16 \text{ kNm}}{368,26 \text{ kNm}} + 0,625 \frac{7,79 \text{ kN}}{2221,84 \text{ kN}} \leq 1,375$$

$$0,06 \leq 1,375 \text{ (OK)}$$

Maka penampang telah memenuhi interaksi geser dan lentur.

**Kontrol Interaksi Aksial dan Lentur**

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{1083,07 \text{ kN}}{2854,42 \text{ kN}} = 0,38$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} \geq 0,2 \text{ (RSNI T-03-2005 ps.7.16.1a)}$$

Syarat:

$$\frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1$$

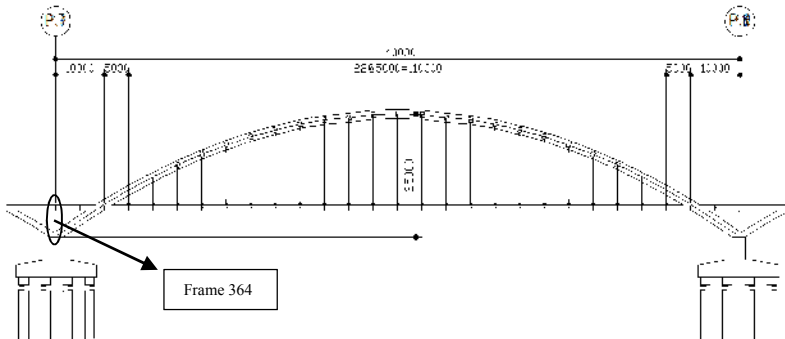
$$\frac{1083,07 \text{ kN}}{2854,42 \text{ kN}} + \frac{8}{9} \left( \frac{20,16 \text{ kNm}}{368,26 \text{ kNm}} + \frac{9,66 \text{ kNm}}{368,26 \text{ kNm}} \right) \leq 1$$

$$0,45 < 1 \text{ (OK)}$$

Maka penampang telah memenuhi interaksi aksial dan lentur.



#### 4.2.5 Kolom Portal Akhir



Gambar 4. 29 Kolom portal akhir

Pada perencanaan konstruksi kolom portal akhir akan digunakan penampang pipa baja dengan dimensi sebagai berikut

Profil yang dipakai : Box 500 x 500 x 20 x 20 ; BJ 55

A	= 384 cm <sup>2</sup>	i <sub>x</sub>	= 19,61 cm
d	= 500 mm	i <sub>y</sub>	= 19,61 cm
b	= 500 mm	f <sub>y</sub>	= 410 MPa
t <sub>b</sub>	= 20 mm	I <sub>x</sub>	= 147712 cm <sup>4</sup>
t <sub>f</sub>	= 20 mm	I <sub>y</sub>	= 147712 cm <sup>4</sup>
S <sub>x</sub>	= 5908,48 cm <sup>3</sup>	Z <sub>x</sub>	= 6916 cm <sup>3</sup>
S <sub>y</sub>	= 5908,48 cm <sup>3</sup>	Z <sub>y</sub>	= 6916 cm <sup>3</sup>

Dari Output SAP didapat (frame 364 akibat komb

Kuat 1):

N <sub>u</sub>	= 4120,59 kN
V <sub>u</sub>	= 228,94 kN
M <sub>u<sub>x</sub></sub>	= 1002,45 kNm
M <sub>u<sub>y</sub></sub>	= 535,07 kNm

#### Analisa Kapasitas Penampang

Analisa kapasitas penampang untuk menghindari terjadinya flexural buckling

Sayap : (SNI 1729:2015 tabel B4.1b)

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{410 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} = 20,5$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 24,74$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Badan : (SNI 1729:2015 tabel B4.1a)

$$\lambda = \frac{h}{t} = \frac{410 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} = 20,5$$

$$\lambda_p = 1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 36,92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  (penampang kompak) maka kuat lentur

nominal penampang adalah  $M_{nx} = M_{px} = Z_x f_y$

$$\begin{aligned} M_{px} = M_{nx} = Z_x f_y &= 6916000 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ N/mm}^2 \\ &= 2835560000 \text{ Nmm} = 2835,56 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{py} = M_{ny} = Z_y f_y &= 6916000 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ N/mm}^2 \\ &= 2835560000 \text{ Nmm} = 2835,56 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### Kontrol Momen

$$M_{ux} \leq \phi M_{nx} \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 7.1.2)}$$

Dengan pengertian:

$$\phi = 0,85 \text{ (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)}$$

Syarat:

$$M_{ux} \leq \phi M_{nx}$$

$$1002,45 \text{ kNm} \leq 0,85 \times 2835,56 \text{ kNm}$$

$$1002,45 \text{ kNm} \leq 2410,23 \text{ kNm (OK)}$$

Panjang tekuk :

$$L = 5,92 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 5,92 = 5,92 \text{ m} = 592 \text{ cm}$$

Di mana,  $k_c$  = faktor tekuk, untuk sendi-sendi = 1  
(RSNI T-03-2005 gambar 3)

### Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{592}{19,61} = 30,19 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{592}{19,61} = 30,19$$

$$\lambda = \lambda_x = 30,19$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{30,19}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 0,43$$

Untuk nilai :  $\lambda_c \leq 1,5 \rightarrow N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y$   
(RSNI T-03-2005 pasal 6.2-2)

- Kuat Nominal

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y$$

$$\lambda_c^2 = 0,43^2 = 0,18$$

$$\begin{aligned} A_g &= 2 \times t_f \times B + 2 \times t_w \times H \\ &= 2 \times 20 \times 500 + 2 \times 20 \times 500 \\ &= 40000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n &= (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y \\ &= (0,66^{0,18}) \times 40000 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ N/mm}^2 \\ &= 15218146 \text{ N} = 15218,15 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kontrol

$$N_u \leq \phi N_n \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 6.1-1)}$$

Dengan pengertian:

$\phi = 0,85$  (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)

Syarat:

$$N_u \leq \phi_n N_n$$

$$4120,59 \text{ kN} \leq 0,85 \times 15218,15 \text{ kN}$$

$$4120,59 \text{ kN} \leq 12935,43 \text{ kN (OK)}$$

### Kontrol Geser

$$V_u \leq \phi V_n \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 7.9-2c)}$$

Dengan pengertian:

$$\phi = 0,9 \text{ (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)}$$

$$\phi V_n = \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w$$

$$A_w = 2 \times H \times t_w$$

$$= 2 \times 500 \times 20$$

$$= 20000 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 0,6 \times 410 \text{ N/mm}^2 \times 20000 \text{ mm}^2$$

$$= 4428000 \text{ N} = 4428 \text{ kN}$$

Syarat:

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$228,94 \text{ kN} \leq 4428 \text{ kN}$$

$$228,94 \text{ kN} \leq 4428 \text{ kN (OK)}$$

### Kontrol Interaksi Gaya Geser dan Lentur

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{1002,45 \text{ kNm}}{2410,23 \text{ kNm}} + 0,625 \frac{228,94 \text{ kN}}{4428 \text{ kN}} \leq 1,375$$

$$0,45 \leq 1,375 \text{ (OK)}$$

Maka penampang telah memenuhi interaksi geser dan lentur.

### Kontrol Interaksi Aksial dan Lentur

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{4120,59 \text{ kN}}{12935,43 \text{ kN}} = 0,32$$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} \geq 0,2 \text{ (RSNI T-03-2005 ps.7.16.1a)}$$

Syarat:

$$\frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1$$

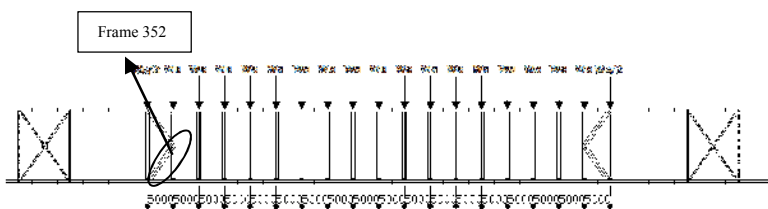
$$\frac{4120,59 \text{ kN}}{9341,52 \text{ kN}} + \frac{8}{9} \left( \frac{1002,45 \text{ kNm}}{2410,23 \text{ kNm}} + \frac{535,07 \text{ kNm}}{2410,23 \text{ kNm}} \right) \leq 1$$

0,88 < 1 (OK)

Maka penampang telah memenuhi interaksi aksial dan lentur.

#### 4.2.6 Ikatan Silang Portral Akhir

Bentuk konstruksi penyangga diasumsikan sebagai konstruksi bracing. Dan berfungsi sebagai batang vertikal penyangga jembatan busur.



Gambar 4. 30 Bracing batan penyangga

Pada perencanaan batang diagonal ikatan angin akan digunakan penampang box baja dengan dimensi sebagai berikut

Profil yang dipakai : Box 250 x 250 x 8 x 8 ; BJ 50

A	= 75,24 cm <sup>2</sup>	i <sub>x</sub>	= 9,8 cm
d	= 250 mm	i <sub>y</sub>	= 9,8 cm
b	= 250 mm	f <sub>y</sub>	= 290 MPa
t <sub>b</sub>	= 8 mm	I <sub>x</sub>	= 7229,2 cm <sup>4</sup>
t <sub>f</sub>	= 8 mm	I <sub>y</sub>	= 7229,2 cm <sup>4</sup>
S <sub>x</sub>	= 605,35 cm <sup>3</sup>	Z <sub>x</sub>	= 578,34 cm <sup>3</sup>
S <sub>y</sub>	= 605,35 cm <sup>3</sup>	Z <sub>y</sub>	= 578,34 cm <sup>3</sup>

Dari Output SAP didapat (frame 364 akibat komb

Kuat 1):

Nu = 725,78 kN

Vu = 0,58 kN

$$Mu_x = 6,63 \text{ kNm}$$

$$Mu_y = 0,99 \text{ kNm}$$

### Analisa Kapasitas Penampang

Analisa kapasitas penampang untuk menghindari terjadinya flexural buckling

Sayap : (SNI 1729:2015 tabel B4.1b)

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{234 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 29,25$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,12 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 29,41$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Badan : (SNI 1729:2015 tabel B4.1a)

$$\lambda = \frac{h}{t} = \frac{234 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 29,25$$

$$\lambda_p = 1,4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,4 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 36,77$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah  $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$M_p = M_n = Z_x f_y = 578340 \text{ mm}^3 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ = 167718600 \text{ Nmm} = 167,72 \text{ kNm}$$

$$M_p = M_n = Z_y f_y = 578340 \text{ mm}^3 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ = 167718600 \text{ Nmm} = 167,72 \text{ kNm}$$

### Kontrol Momen

$$Mu_x \leq \phi M_n \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 7.1.2)}$$

Dengan pengertian:

$$\phi = 0,85 \text{ (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)}$$

Syarat:

$$Mu_x \leq \phi M_n$$

$$6,634 \text{ kNm} \leq 0,85 \times 167,72 \text{ kNm}$$

$$6,634 \text{ kNm} \leq 142,56 \text{ kNm (OK)}$$

Panjang tekuk :

$$L = 8,87 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 8,87 = 8,87 \text{ m} = 887 \text{ cm}$$

Di mana,  $k_c$  = faktor tekuk, untuk sendi-sendi = 1  
(RSNI T-03-2005 gambar 3)

### Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{887}{9,8} = 90,51 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{887}{9,8} = 90,51$$

$$\lambda = \lambda_x = 90,51$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{90,51}{\pi} \times \sqrt{\frac{290}{2 \times 10^5}} = 1,1$$

Untuk nilai :  $\lambda_c \leq 1,5 \rightarrow N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y$   
(RSNI T-03-2005 pasal 6.2-2)

- Kuat Nominal

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y$$

$$\lambda_c^2 = 1,1^2 = 1,2$$

$$\begin{aligned} A_g &= 2 \times t_f \times B + 2 \times t_w \times H \\ &= 2 \times 8 \times 250 + 2 \times 8 \times 250 \\ &= 8000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n &= (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y \\ &= (0,66^{1,2}) \times 8000 \text{ mm}^2 \times 290 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1409096 \text{ N} = 1409,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kontrol

$$N_u \leq \phi N_n \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 6.1-1)}$$

Dengan pengertian:

$\phi = 0,85$  (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)

Syarat:

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$725,78 \text{ kN} \leq 0,85 \times 1409,1 \text{ kN}$$

$$725,78 \text{ kN} \leq 1197,73 \text{ kN (OK)}$$

### Kontrol Geser

$$V_u \leq \phi V_n \text{ (RSNI T-03-2005 pasal 7.9-2c)}$$

Dengan pengertian:

$\phi = 0,9$  (faktor reduksi ; RSNI T-03-2005 pasal 4.5.2)

$$\phi V_n = \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w$$

$$A_w = 2 \times H \times t_w$$

$$= 2 \times 250 \times 8$$

$$= 4000 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 0,6 \times 290 \text{ N/mm}^2 \times 4000 \text{ mm}^2$$

$$= 626400 \text{ N} = 626,4 \text{ kN}$$

Syarat:

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$0,58 \text{ kN} \leq 626,4 \text{ kN}$$

$$0,58 \text{ kN} \leq 626,4 \text{ kN (OK)}$$

### Kontrol Interaksi Gaya Geser dan Lentur

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{6,63 \text{ kNm}}{142,56 \text{ kNm}} + 0,625 \frac{0,58 \text{ kN}}{626,4 \text{ kN}} \leq 1,375$$

$$0,05 \leq 1,375 \text{ (OK)}$$

Maka penampang telah memenuhi interaksi geser dan lentur.

### Kontrol Interaksi Aksial dan Lentur

$$\frac{N_u}{\phi N_n} = \frac{725,78 \text{ kN}}{1197,73 \text{ kN}} = 0,61$$



$$\frac{N_u}{\phi N_n} \geq 0,2 \text{ (RSNI T-03-2005 ps.7.16.1a)}$$

Syarat:

$$\frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1$$

$$\frac{725,78 \text{ kN}}{1197,73 \text{ kN}} + \frac{8}{9} \left( \frac{6,63 \text{ kNm}}{142,56 \text{ kNm}} + \frac{0,99 \text{ kNm}}{142,56 \text{ kNm}} \right) \leq 1$$

$$0,65 < 1 \text{ (OK)}$$

Maka penampang telah memenuhi interaksi aksial dan lentur.

### 4.3 Perencanaan Sambungan

#### 4.3.1 Sambungan Gelagar Memanjang dan Melintang

Sambungan balok memanjang dan melintang direncanakan menggunakan baut.

Direncanakan:

Balok memanjang : m = 2 (jumlah bidang geser)

Balok melintang : m = 1 (jumlah bidang geser)

Baut Tipe A325

$F_u = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$F_y = 585 \text{ Mpa} = 5850 \text{ kg/cm}^2$

Diameter baut (db) = 20 mm

Diameter lubang (dl) = 22 mm

Baut tanpa ulir (r1) = 0,5

Baut dengan ulir (r1) = 0,4

Pelat Siku 120x120x15 BJ 50

$F_u = 500 \text{ MPa} = 5000 \text{ kg/cm}^2$

$F_y = 290 \text{ MPa} = 2900 \text{ kg/cm}^2$

Kuat geser pada balok memanjang

$$\phi R_n = m r_1 f_u A_b \phi$$

$$= 2 \times 0,4 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 0,75$$

$$= 15550,9 \text{ kg}$$

Kuat geser pada balok melintang

$$\phi R_n = m r_1 f_u A_b \phi$$

$$= 1 \times 0,4 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 0,75$$

$$= 7775,44 \text{ kg}$$

Kuat tumpu

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 2,4 \text{ db tp } F_u \phi \\ &= 2,4 \times 2 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 0,75 \\ &= 27000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Antara kuat geser dan kuat tumpu, yang terkecil yang menentukan, maka:

$V_u = 35658,8 \text{ kg}$  ( $V_a$  max akibat beban truck balok memanjang)

Jumlah baut pada balok memanjang:

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{35658,795}{15550,884} = 3 \text{ M20}$$

Jumlah baut pada balok melintang:

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{35658,795}{7775,442} = 6 \text{ M20}$$

Kontrol Patah Pelat Siku

Luas geser pelat siku L 120x120x15

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \text{ tp} \\ &= (L - n \text{ d1}) \text{ tp} \\ &= (12 - 3 \times 2,2) 0,9 \\ &= 4,86 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 4,86 \text{ cm}^2 \\ &= 18225 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena 2 siku maka:

$$\begin{aligned} 2 \phi P_n &> P_u \\ 2 \times 18225 \text{ kg} &> 35658,8 \text{ kg} \\ 36450 \text{ kg} &> 35658,8 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Baut

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi (S1)} &= 1,5 \text{ db} \leq S1 \leq (4 \text{ tp} + 100) / 200 \text{ mm} \\ &= 1,5 (20 \text{ mm}) \leq S1 \leq 4 (15 \text{ mm}) + \\ &\quad 100 \text{ mm} / 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$= 30 \text{ mm} \leq S1 \leq 160 \text{ mm}$$

Maka digunakan jarak tepi baut 50 mm

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut(S)} &= 2,5 \text{ db} \leq S1 \leq (4 \text{ tp} + 100) / 200 \text{ mm} \\ &= 2,5 (20 \text{ mm}) \leq S1 \leq 4 (15 \text{ mm}) + \\ &\quad 100 \text{ mm} / 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$= 50 \text{ mm} \leq S1 \leq 160 \text{ mm}$$

Maka digunakan jarak antar baut 100mm

#### 4.3.2 Sambungan Gelagar Melintang dan Batang Tarik

Sambungan balok memanjang dan melintang direncanakan menggunakan baut.

Direncanakan :

$$\text{Balok melintang (m)} = 2 \text{ (jumlah bidang geser)}$$

$$\text{Batang tarik (m)} = 2 \text{ (jumlah bidang geser)}$$

Baut Tipe A325

$$F_u = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 585 \text{ Mpa} = 5850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diameter baut (db)} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter lubang (d1)} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Baut tanpa ulir (r1)} = 0,5$$

$$\text{Baut dengan ulir (r1)} = 0,4$$

Pelat Siku 120x120x15 BJ 50

$$F_u = 500 \text{ Mpa} = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 290 \text{ Mpa} = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat geser pada balok melintang

$$\phi R_n = m \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_b \cdot \phi$$

$$= 2 \times 0,4 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 0,75$$

$$= 15550,9 \text{ kg}$$

Kuat geser pada batang tarik

$$\phi R_n = m \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_b \cdot \phi$$

$$= 2 \times 0,4 \times 8250 \text{ kg/cm}^2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 0,75$$

$$= 1150,9 \text{ kg}$$

Kuat tumpu

$$\phi R_n = 2,4 \text{ db tp } F_u \phi$$

$$= 2,4 \times 2 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 0,75$$

$$= 27000 \text{ kg}$$

Antara kuat geser dan kuat tumpu, yang terkecil yang menentukan, maka :

$V_u = 113775 \text{ kg}$  ( $V_a$  max akibat UDL+KEL balok melintang)

Jumlah baut pada balok melintang:

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{113775}{15550,884} = 8 \text{ M20}$$

Jumlah baut pada batang tarik :

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{113775}{15550,884} = 8 \text{ M20}$$

Kontrol Patah Pelat Siku

Luas geser pelat siku L 300x300x25

$$A_{nv} = L_{nv} \text{ tp}$$

$$= (L - n \text{ d1}) \text{ tp}$$

$$= (30 - 8 \times 2,2) 1,8$$

$$= 22,32 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\phi P_n = \phi \times f_u \times A_{nv}$$

$$= 0,75 \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 22,32 \text{ cm}^2$$

$$= 83700 \text{ kg}$$

Karena 2 siku maka:

$$2 \phi P_n > P_u$$

$$2 \times 83700 \text{ kg} > 113775 \text{ kg}$$

$$167400 \text{ kg} > 113775 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol Jarak Baut

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

$$\text{Jarak ke tepi}(S1) = 1,5 \text{ db} \leq S1 \leq (4 \text{ tp} + 100) / 200 \text{ mm}$$

$$= 1,5 (20 \text{ mm}) \leq S1 \leq$$

$$4 (25 \text{ mm}) + 100 \text{ mm} / 200 \text{ mm} \\ = 30 \text{ mm} \leq S1 \leq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan jarak tepi baut 50 mm

$$\text{Jarak antar baut}(S) = 2,5 \text{ db} \leq S1 \leq (4 \text{ tp} + 100) / 200 \text{ mm} \\ = 2,5 (20 \text{ mm}) \leq S1 \leq \\ 4 (25 \text{ mm}) + 100 \text{ mm} / 200 \text{ mm} \\ = 50 \text{ mm} \leq S1 \leq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan jarak antar baut 100mm

### 4.3.3 Sambungan Ikatan Angin Atas

#### Data Perencanaan

Diameter baut (db)	= 20 mm ,
Baut A325 $F_n_v$	= 372 MPa
Baut A325 $F_n_t$	= 620 MPa
Diameter lubang (d1)	= 22 mm
Tb (db = 20, A325)	= 142 kN
Pelat Siku 180x180x16 BJ 50	
$F_u$	= 500 MPa = 5000 kg/cm <sup>2</sup>
$F_y$	= 290 MPa = 2900 kg/cm <sup>2</sup>
Beban Tarik terfaktor	= 549,695 kN

Sambungan tipe tumpu

- a. Tinjau terhadap kekuatan geser ( $\phi R_n$ )

SNI 1729:2015 ps. J.3.6

$$\phi R_n = \phi \cdot F_n_v \cdot A_b \\ = 0,75 \cdot 372 \cdot 314 \\ = 87606 \text{ N} = 87,61 \text{ kN}$$

- b. Tinjau terhadap kekuatan tumpu ( $\phi R_n$ )

SNI 1729:2015 ps. J.3.7

$$\phi R_n = \phi \cdot F'_n_t \cdot A_b$$

$$F'_n_t = 1,3 \times F'_n_t - \left( \frac{F_n_t}{\phi F_n_v} \right) \times \phi F_n_v \leq F_n_t \\ = 1,3 \times 620 - \left( \frac{620}{0,75 \times 372} \right) \times 0,75 \times 372 \leq 620$$

- $$= 186 \text{ N/mm}^2 \leq 620 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}$$
- $$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot 186 \cdot 314 \\ &= 43803 \text{ N} = 43,8 \text{ kN (menentukan)} \end{aligned}$$
- c. Tinjau terhadap Kekuatan friksi ( $\phi R_n$ )  
SNI 1729:2015 ps. J.3.8
- $$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times N_s \\ &= 1 \times 0,3 \times 1,13 \times 1 \times 142 \text{ kN} \times 2 \\ &= 96,28 \text{ kN} \end{aligned}$$
- d. Kebutuhan baut yang menentukan akibat tumpu
- $$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{549,7}{43,8} = 12 \text{ M20}$$

### Kontrol Jarak Baut

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi}(S_1) &= 1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq (4 \text{ tf} + 100) / 200 \text{ mm} \\ &= 1,5 (20 \text{ mm}) \leq S_1 \leq 4 (20 \text{ mm}) + 100 \\ &\quad \text{mm} / 200 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm} \leq S_1 \leq 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan jarak tepi baut 30mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut}(S) &= 2,5 \text{ db} \leq S \leq (4 \text{ tf} + 100) / 200 \\ &\quad \text{mm} \\ &= 2,5 (20 \text{ mm}) \leq S \leq 4 (20 \text{ mm}) + \\ &\quad 100 \text{ mm} / 200 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm} \leq S \leq 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan jarak antar baut 50 mm

### Kontrol Patah Pelat Siku

Luas geser pelat siku 180.180.16

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_p \\ &= (L - n \cdot d_1) \cdot t_p \\ &= (18 - 3 \times 2,2) \cdot 1,6 \\ &= 18,24 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times x \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 18,24 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$= 68400 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\phi P_n > P_u$$

$$68400 \text{ kg} > 54970 \text{ kg}$$

$$68400 \text{ kg} > 54970 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.3.4 Sambungan Ikatan Angin Lantai

##### Data Perencanaan

$$\text{Diameter baut (db)} = 20 \text{ mm ,}$$

$$\text{Baut A325 } F_{nv} = 372 \text{ MPa}$$

$$\text{Baut A325 } F_{nt} = 620 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter lubang (d1)} = 22 \text{ mm}$$

$$T_b (\text{db} = 20, \text{A325}) = 142 \text{ kN}$$

$$\text{Pelat Siku } 120 \times 120 \times 15 \text{ BJ 50}$$

$$F_u = 500 \text{ MPa} = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 290 \text{ MPa} = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beban Tarik terfaktor} = 2380 \text{ kg}$$

Sambungan tipe tumpu

- a. Tinjau terhadap kekuatan geser ( $\phi R_n$ )

SNI 1729:2015 ps. J.3.6

$$\phi R_n = \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 372 \cdot 201,1$$

$$= 56096,278 \text{ N} = 5,61 \text{ ton}$$

- b. Tinjau terhadap kekuatan tumpu ( $\phi R_n$ )

SNI 1729:2015 ps. J.3.7

$$\phi R_n = \phi \cdot F'_{nt} \cdot A_b$$

$$F'_{nt} = 1,3 \times F_{nt} - \left( \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} \right) \times \phi F_{nv} \leq F_{nt}$$

$$= 1,3 \times 620 - \left( \frac{620}{0,75 \times 372} \right) \times 0,75 \times 372 \leq 620$$

$$= 186 \text{ N/mm}^2 \leq 620 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 186 \cdot 201,1$$

$$= 28048,14$$

$$= 2,8 \text{ ton (Menentukan)}$$

- c. Tinjau terhadap Kekuatan friksi ( $\phi R_n$ )  
 SNI 1729:2015 ps. J.3.8  

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times N_s \\ &= 1 \times 0,3 \times 1,13 \times 1 \times 91 \text{ kN} \times 1 \\ &= 30,85 \text{ kN} = 3,08 \text{ ton}\end{aligned}$$
- d. Kebutuhan baut yang menentukan akibat tumpu  

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{2,38}{2,8} = \text{pasang 4M20}$$

### Kontrol Jarak Baut

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi}(S_1) &= 1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq (4 \text{ tf} + 100) / 200 \text{ mm} \\ &= 1,5 (16 \text{ mm}) \leq S_1 \leq 4 (20 \text{ mm}) + 100 \\ &\quad \text{mm} / 200 \text{ mm} \\ &= 24 \text{ mm} \leq S_1 \leq 180 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka digunakan jarak tepi baut 30mm

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut}(S) &= 2,5 \text{ db} \leq S \leq (4 \text{ tf} + 100) / 200 \\ &\quad \text{mm} \\ &= 2,5 (16 \text{ mm}) \leq S \leq 4 (20 \text{ mm}) + \\ &\quad 100 \text{ mm} / 200 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm} \leq S \leq 180 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka digunakan jarak antar baut 45 mm

### Kontrol Patah Pelat Siku

Luas geser pelat siku 120.120.15

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \times t_p \\ &= (L - n \times d_1) \times t_p \\ &= (12 - 2 \times 2,2) \times 1,5 \\ &= 11,4 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times A_{nv} \times f_u \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 11,4 \text{ cm}^2 \\ &= 25650 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol:

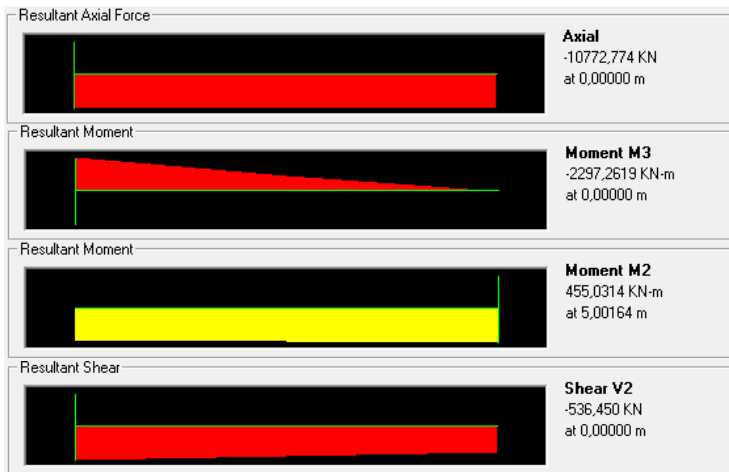
$$\phi P_n > P_u$$



25650 kg > 2380 kg  
 25650 kg > 2380 kg (OK)

#### 4.3.5 Sambungan Busur Batang Atas

Direncanakan busur box dimensi 1800 x 1000 x 50 x 50



Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000 sebagai berikut :

$$N_u = -10772,77 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = -2297,26 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 455,03 \text{ kNm}$$

$$V_u = 536,45 \text{ kN}$$

Alat penyambung yang dipakai adalah :

Baut  $\rightarrow$  db = 30 mm ; A 490

Pelat  $\rightarrow$  tp = 50 mm ; BJ 55

Sambungan Baut :

- Kekuatan ijin 1 baut :

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 408 \text{ kN} \\ &= 161,36 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi f \times V_n \\ &= 0,75 \times 161,36 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$= 121,02 \text{ kN}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan web

$$n = \frac{N_u}{4 \cdot V_d} + \sqrt{\frac{6 \cdot M_{ux}}{\mu \cdot V_d}} = \frac{10772,77}{4 \cdot 121,02} + \sqrt{\frac{6 \cdot 2297,26}{0,35 \cdot 121,02}}$$

$$n = 41,99 = 42 \text{ M30}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan flens

$$n = \frac{N_u}{4 \cdot V_d} + \sqrt{\frac{6 \cdot M_{uy}}{\mu \cdot V_d}} = \frac{10772,77}{4 \cdot 121,02} + \sqrt{\frac{6 \cdot 455,03}{0,35 \cdot 121,02}}$$

$$n = 31,04 = 32 \text{ M30}$$

Maka jumlah baut yang dipakai = 74 M30

- Kontrol jarak baut

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

$$\text{Jarak ke tepi}(S_1) = 1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq (4 \text{ tp} + 100) / 200 \text{ mm}$$

$$= 1,5 (30 \text{ mm}) \leq S_1 \leq 4 (20 \text{ mm}) + 100 \text{ mm} / 200 \text{ mm}$$

$$= 45 \text{ mm} \leq S_1 \leq 180 \text{ mm}$$

Maka digunakan jarak tepi baut 100mm

$$\text{Jarak antar baut}(S) = 2,5 \text{ db} \leq S \leq (4 \text{ tp} + 100) / 200 \text{ mm}$$

$$= 2,5 (30 \text{ mm}) \leq S \leq 4 (20 \text{ mm}) + 100 \text{ mm} / 200 \text{ mm}$$

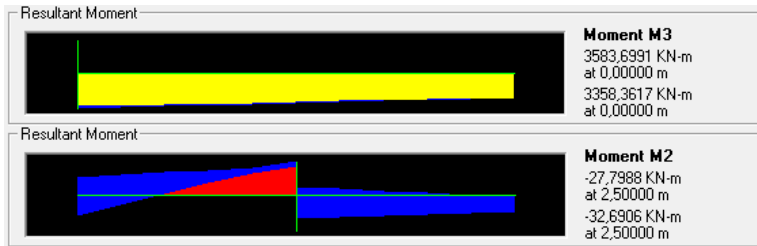
$$= 75 \text{ mm} \leq S \leq 180 \text{ mm}$$

Maka digunakan jarak antar baut 150 mm

#### 4.5.6 Sambungan Busur Batang Tarik

Direncanakan busur box dimensi 750 x 500 x 30 x 30





Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000 sebagai berikut :

$$N_u = 675,79 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 3583,7 \text{ kN}$$

$$M_{uy} = -27,8 \text{ kN}$$

Alat penyambung yang dipakai adalah :

Baut  $\rightarrow d_b = 30 \text{ mm}$  ; A 490

Pelat  $\rightarrow t_p = 30 \text{ mm}$  ; BJ 55

- Kekuatan ijin 1 baut :

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 408 \text{ kN} \\ &= 161,36 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi_f \times V_n \\ &= 0,75 \times 161,36 \text{ kN} \\ &= 121,02 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan web

$$\begin{aligned} n &= \frac{N_u}{4 \cdot V_d} + \sqrt{\frac{6 \cdot M_{ux}}{\mu \cdot V_d}} = \frac{675,79}{4 \cdot 121,02} + \sqrt{\frac{6 \cdot 3583,7}{0,35 \cdot 121,02}} \\ n &= 23,93 = 24 \text{ M30} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan flens

$$\begin{aligned} n &= \frac{N_u}{4 \cdot V_d} + \sqrt{\frac{6 \cdot M_{uy}}{\mu \cdot V_d}} = \frac{675,79}{4 \cdot 121,02} + \sqrt{\frac{6 \cdot 27,8}{0,35 \cdot 121,02}} \\ n &= 3,38 = 6 \text{ M30} \end{aligned}$$

Maka jumlah baut yang dipakai = 30 M30

- Kontrol jarak baut

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

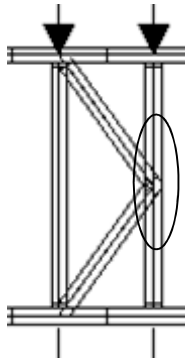
$$\begin{aligned}
 \text{Jarak ke tepi}(S1) &= 1,5 \text{ db} \leq S1 \leq (4 \text{ tp} + 100) / 200 \text{ mm} \\
 &= 1,5 (30 \text{ mm}) \leq S1 \leq \\
 &\quad 4 (20 \text{ mm}) + 100 \text{ mm} / 200 \text{ mm} \\
 &= 45 \text{ mm} \leq S1 \leq 180 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan jarak tepi baut 100mm

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut}(S) &= 2,5 \text{ db} \leq S1 \leq (4 \text{ tp} + 100) / 200 \text{ mm} \\
 &= 2,5 (30 \text{ mm}) \leq S1 \leq \\
 &\quad 4 (20 \text{ mm}) + 100 \text{ mm} / 200 \text{ mm} \\
 &= 75 \text{ mm} \leq S1 \leq 180 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan jarak antar baut 150 mm

#### 4.3.7 Sambungan Batang Diagonal Portal Akhir



Gambar 4. 31 Simpul Ikatan Angin pada Portal Akhir

Pada perencanaan sambungan diagonal ini akan digunakan sambungan pelat simpul dan sambungan baut untuk menghubungkan 2 batang diagonal.

Profil yang dipakai : Box 250 x 250 x 8 x 8 ; BJ 50

A	= 75,24 cm <sup>2</sup>	i <sub>x</sub>	= 9,8 cm
d	= 250 mm	i <sub>y</sub>	= 9,8 cm
b	= 250 mm	f <sub>y</sub>	= 290 MPa
tb	= 8 mm	I <sub>x</sub>	= 7229,2 cm <sup>4</sup>

$$\begin{array}{llll}
 t_f & = 8 \text{ mm} & I_y & = 7229,2 \text{ cm}^4 \\
 S_x & = 605,35 \text{ cm}^3 & Z_x & = 578,34 \text{ cm}^3 \\
 S_y & = 605,35 \text{ cm}^3 & Z_y & = 578,34 \text{ cm}^3
 \end{array}$$

Dari analisa di SAP 2000, diperoleh gaya batang diagonal yang terjadi pada simpul :

$$\begin{array}{ll}
 S_A & = 730,73 \text{ kN (frame 351)} \\
 S_B & = 725,78 \text{ kN (frame 352)} \\
 S_C & = 583,16 \text{ kN (frame 285)}
 \end{array}$$

### Data Perencanaan

$$\begin{array}{ll}
 \text{Diameter baut (db)} & = 20 \text{ mm} , \\
 \text{Baut A325 } F_{n_v} & = 372 \text{ MPa} \\
 \text{Baut A325 } F_{n_t} & = 620 \text{ MPa} \\
 \text{Diameter lubang (d1)} & = 22 \text{ mm} \\
 T_b \text{ (db = 20, A325)} & = 142 \text{ kN} \\
 \text{Pelat Siku 120x120x15 BJ 50} & \\
 F_u & = 500 \text{ MPa} = 5000 \text{ kg/cm}^2 \\
 F_y & = 290 \text{ MPa} = 2900 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Beban Tarik terfaktor} & = 730,73 \text{ kN}
 \end{array}$$

### Sambungan tipe tumpu

- a. Tinjau terhadap kekuatan geser ( $\phi R_n$ )

SNI 1729:2015 ps. J.3.6

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \times F_{n_v} \times A_b \\
 &= 0,75 \times 372 \times 314 \\
 &= 87606 \text{ N} = 87,61 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- b. Tinjau terhadap kekuatan tumpu ( $\phi R_n$ )

SNI 1729:2015 ps. J.3.7

$$\phi R_n = \phi \times F'_{n_t} \times A_b$$

$$\begin{aligned}
 F'_{n_t} &= 1,3 \times F_{n_t} - \left( \frac{F_{n_t}}{\phi F_{n_v}} \right) \times \phi F_{n_v} \leq F_{n_t} \\
 &= 1,3 \times 620 - \left( \frac{620}{0,75 \times 372} \right) \times 0,75 \times 372 \leq 620
 \end{aligned}$$

- $$= 186 \text{ N/mm}^2 \leq 620 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}$$
- $$\phi R_n = 0,75 \cdot 186 \cdot 314$$
- $$= 43803 \text{ N} = 43,8 \text{ kN (menentukan)}$$
- c. Tinjau terhadap Kekuatan friksi ( $\phi R_n$ )  
 SNI 1729:2015 ps. J.3.8
- $$\phi R_n = \phi \times \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times N_s$$
- $$= 1 \times 0,3 \times 1,13 \times 142 \text{ kN} \times 1$$
- $$= 48,14 \text{ kN}$$
- d. Kebutuhan baut yang menentukan akibat tumpu
- $$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{730,73}{43,8} = 16 \text{ M20}$$

### Kontrol Jarak Baut

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi}(S_1) &= 1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq (4 \text{ tf} + 100) / 200 \text{ mm} \\ &= 1,5 (20 \text{ mm}) \leq S_1 \leq 4 (20 \text{ mm}) + 100 \text{ mm} \\ &\quad / 200 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm} \leq S_1 \leq 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan jarak tepi baut 30 mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut}(S) &= 2,5 \text{ db} \leq S \leq (4 \text{ tf} + 100) / 200 \\ &\quad \text{mm} \\ &= 2,5 (20 \text{ mm}) \leq S \leq 4 (20 \text{ mm}) + \\ &\quad 100 \text{ mm} / 200 \text{ mm} \\ &= 50 \text{ mm} \leq S \leq 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan jarak antar baut 60 mm

### 4.3.8 Sambungan Bracing Portal Akhir

#### Data Perencanaan

Diameter baut (db)	= 30 mm
Baut A325 $F_{nv}$	= 372 MPa
Baut A325 $F_{nt}$	= 620 MPa
Diameter lubang (d1)	= 33 mm
$T_b$ (db = 20, A325)	= 326 kN
Pelat Siku 180x180x16 BJ 50	
$F_u$	= 500 MPa = 5000 kg/cm <sup>2</sup>

$$F_y = 290 \text{ MPa} = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beban Tarik terfaktor} = 1083,07 \text{ kN}$$

Sambungan tipe tumpu

- a. Tinjau terhadap kekuatan geser ( $\phi R_n$ )

SNI 1729:2015 ps. J.3.6

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 372 \cdot 706,86 \\ &= 197213,48 \text{ N} = 197,21 \text{ kN}\end{aligned}$$

- b. Tinjau terhadap kekuatan tumpu ( $\phi R_n$ )

SNI 1729:2015 ps. J.3.7

$$\phi R_n = \phi \cdot F'_n \cdot A_b$$

$$\begin{aligned}F'_n &= 1,3 \times F_n - \left( \frac{F_n}{\phi F_{nv}} \right) \times \phi F_{nv} \leq F_n \\ &= 1,3 \times 620 - \left( \frac{620}{0,75 \times 372} \right) \times 0,75 \times 372 \leq 620 \\ &= 186 \text{ N/mm}^2 \leq 620 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 186 \cdot 706,86 \\ &= 98606,97 \text{ N} = 98,61 \text{ kN (menentukan)}\end{aligned}$$

- c. Tinjau terhadap Kekuatan friksi ( $\phi R_n$ )

SNI 1729:2015 ps. J.3.8

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times N_s \\ &= 1 \times 0,3 \times 1,13 \times 1 \times 326 \text{ kN} \times 1 \\ &= 110,51 \text{ kN}\end{aligned}$$

- d. Kebutuhan baut yang menentukan akibat tumpu

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{1083,07}{96,81} = 12 \text{ M30}$$

### Kontrol Jarak Baut

RSNI T-03-2005 Pasal 11.5.3

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi (S1)} &= 1,5 d_b \leq S1 \leq (4 t_f + 100) / 200 \text{ mm} \\ &= 1,5 (30 \text{ mm}) \leq S1 \leq 4 (30 \text{ mm}) + 100 \\ &\quad \text{mm} / 200 \text{ mm} \\ &= 45 \text{ mm} \leq S1 \leq 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka digunakan jarak tepi baut 50mm

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut}(S) &= 2,5 \text{ db} \leq S1 \leq (4 \text{ tf} + 100) / 200 \\ &\text{mm} \\ &= 2,5 (30 \text{ mm}) \leq S1 \leq 4 (30 \text{ mm}) + \\ &100 \text{ mm} / 200 \text{ mm} \\ &= 75 \text{ mm} \leq S1 \leq 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka digunakan jarak antar baut 100 mm

### **Kontrol Patah Pelat Siku**

Luas geser pelat siku 180.180.16

$$\begin{aligned}\text{Anv} &= \text{Lnv} \cdot t_p \\ &= (L - n \cdot d1) \cdot t_p \\ &= (18 - 2 \times 3,3) \cdot 1,6 \\ &= 7,44 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \cdot x \cdot f_u \cdot \text{Anv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 5000 \text{ kg/cm}^2 \times 7,44 \text{ cm}^2 \\ &= 68400 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}2\phi P_n &> P_u \\ 136800 \text{ kg} &> 108307 \text{ kg} \\ 136800 \text{ kg} &> 54970 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

### **4.3.9 Sambungan Box Busur dan Penggantung Hanger**

Pada sambungan ini merupakan hubungan antara kabel hanger dengan konstruksi box busur utama. Komponen ini merupakan struktur tarik pada antara sambungan pen dan base plate. Sambungan ini harus direncanakan sesuai RSNI T-03-2005 ps.5.1

#### **a. Sambungan Hanger (pen) ke Plat Simpul (base plate)**

Gaya batang maksimum yang bekerja

$$P = 183248 \text{ kN (tarik)}$$



Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial harus memenuhi (RSNI T-03-2005 ps.5.1)

$$N_u \leq \Phi \cdot N_n$$

- Kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan

$$\begin{aligned}\Phi N_n &= \Phi A_g \cdot f_y \\ &= 0,9 (114,3^2 \times \pi \times 0,25) \times 290 = 2678,08 \text{ kN} \\ N_u &= 1832,48 \text{ kN} \\ 1832,48 \text{ kN} &\leq 2678,08 \text{ kN (Ok)}\end{aligned}$$

- Kuat tarik nominal berdasarkan putus

$$\begin{aligned}\Phi N_n &= \Phi A_g \cdot f_u \\ &= 0,75 \times (114,3^2 \times \pi \times 0,25) \times 500 \\ &= 4617,37 \text{ kN} \\ N_u &= 1832,48 \text{ kN} \\ 1832,48 \text{ kN} &\leq 4617,37 \text{ kN (OK)}\end{aligned}$$

### **b. Sambungan Base Plate ke Box Busur**

Sambungan ini menggunakan baut tipe tumpu yang menerima beban tarik.

Maka kekuatan tumpu nominal baut dan plat harus memenuhi:

$$\frac{T_u}{n} \leq \phi_f \cdot f_t \cdot m \cdot A_b$$

$n = 5 \rightarrow$  jumlah baut

$f_t = 807 \text{ MPa} \rightarrow$  baut mutu tinggi

$$\frac{1832,48}{5} \leq 0,75 \times 807 \times 1 \times (0,25 \pi 30^2)$$

$$366,5 \leq 460,7 \rightarrow \text{Ok}$$

Maka baut dengan diameter 30 mm sebanyak 5 buah dapat digunakan

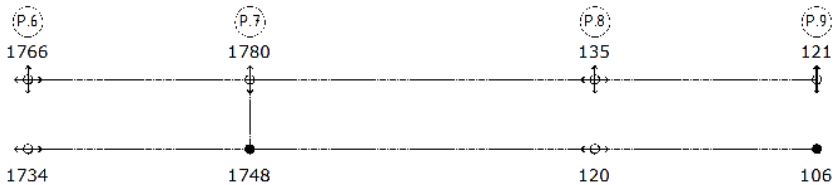
#### 4.4 Perencanaan Perletakan

Pada perencanaan jembatan Musi IV ini akan digunakan landasan jembatan yang berfungsi meneruskan beban dari bangunan atas ke bangunan bawah jembatan. Landasan yang digunakan pada jembatan ini merupakan pelat baja sirkular (pot bearing). Dengan penggunaan landasan pot bearing tersebut akan mampu mengakomodasi perpindahan arah akibat beban yang ada.

Desain dari pot bearing merupakan elemen fabrikasi dari *TETRON CD - FREYSSINET*




##### 4.4.1 Lay out Penempatan Perletakan Jembatan

Perencanaan jembatan Brantas ini merupakan kategori jembatan bentang panjang dimana besarnya pergerakan cukup mempengaruhi stabilitas jembatan. Oleh karena itu hal ini dapat diminimalkan dengan pengaturan penempatan posisi landasan.



Gambar 4. 32 Denah Penempatan Posisi Pot Bearing Modifikasi Jembatan MUSI IV

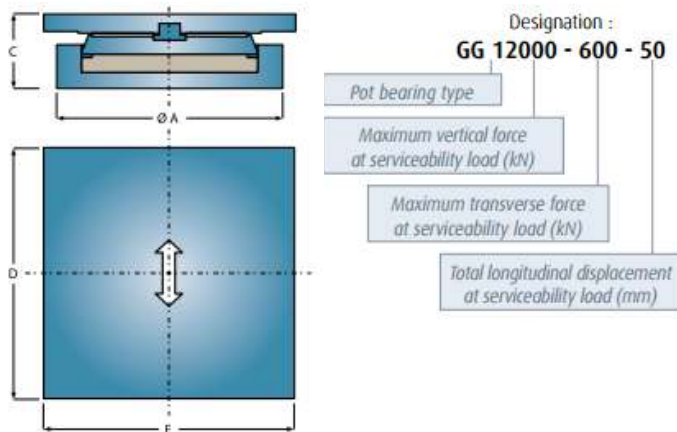
Dimana :

-  : pot bearing tipe unidirectional
-  : pot bearing tipe fixed  
(memungkinkan tidak adanya gerakan)
-  : pot bearing tipe multidirectional  
(memungkinkan 2 gerakan arah lateral )

#### 4.4.2 Kontrol Desain Perletakan Pot Bearing

##### a. Unidirectional pot bearing

Jenis perletakan ini hanya memungkinkan 1 gerakan arah lateral, dimana desain pergerakan maximum yang diijinkan adalah tertera di dalam tabel Pot Bearing.



Gambar 4. 33 Type Perletakan Unidirectional

Dari hasil analisa SAP 2000 diperoleh reaksi dan pergerakan pada perletakan (join 120) untuk pot bearing arah x adalah akibat (Combo: Kuat 1).

- Translasi X = 14,8 mm
- H = 98,54 kN
- V = 34865,23 kN

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi dan pergerakan pada perletakan (join 1780) untuk pot bearing arah y adalah akibat (Combo: Kuat 1).

- Translasi Y = 25,56 mm
- H = 1468,2 kN
- V = 36221,79 kN

Dari hasil reaksi vertikal pada perletakan pot bearing, maka akan direncanakan unidirectional pot bearing tipe GG40000-

2000-50. Dimensi dan spesifikasi dapat dilihat pada table dibawah.

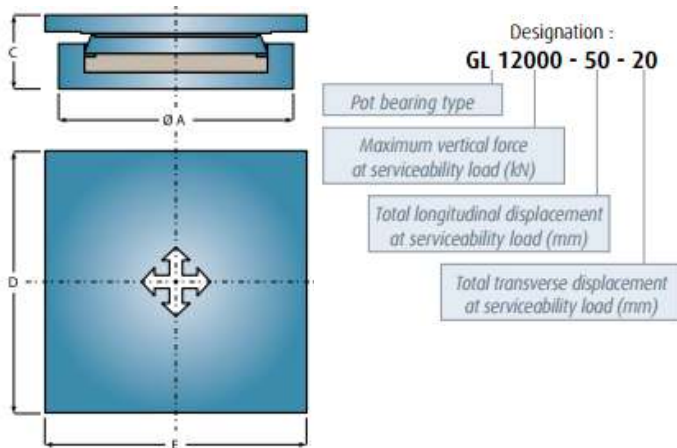
Tabel 4. 3 Dimensi Unidirectional Pot Bearing  
Unidirectional pot bearing: TETRON CD®/ GG

Designation	Ø A (mm)	D (mm)	E (mm)	C (mm)	Weight (kg)
GG 500 • 50 • 50	205	270	235	100	30
GG 1000 • 100 • 50	270	325	290	104	45
GG 1500 • 150 • 50	325	365	330	104	60
GG 2000 • 200 • 50	355	390	380	109	80
GG 2500 • 250 • 50	400	425	415	113	100
GG 3000 • 300 • 50	430	445	440	118	120
GG 3500 • 350 • 50	460	475	470	123	145
GG 4000 • 400 • 50	490	505	505	123	160
GG 4500 • 450 • 50	520	535	535	137	200
GG 5000 • 500 • 50	550	565	565	142	230
GG 6000 • 500 • 50	590	615	615	162	295
GG 7000 • 500 • 50	620	660	660	162	350
GG 8000 • 500 • 50	660	705	705	167	415
GG 9000 • 500 • 50	690	745	745	181	500
GG 10000 • 500 • 50	730	785	785	185	560
GG 12000 • 600 • 50	820	860	860	184	675
GG 14000 • 700 • 50	870	930	930	213	930
GG 16000 • 800 • 50	935	995	995	242	1245
GG 18000 • 900 • 50	1000	1055	1055	246	1400
GG 20000 • 1000 • 50	1050	1110	1110	265	1710
GG 24000 • 1200 • 50	1160	1215	1215	284	2200
GG 28000 • 1400 • 50	1255	1315	1315	327	2970
GG 30000 • 1500 • 50	1300	1360	1360	336	3300
GG 35000 • 1750 • 50	1410	1470	1470	365	4240
GG 40000 • 2000 • 50	1510	1570	1570	363	4780
GG 45000 • 2250 • 50	1605	1665	1665	382	5690
GG 50000 • 2500 • 50	1695	1755	1755	410	6800

*Values given for information only*

## b. Multidirectional pot bearing

Jenis perletakan ini hanya memungkinkan 2 gerakan



Gambar 4. 34 Type Perletakan Multidirectional

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi dan pergerakan pada perletakan (join 135) untuk pot bearing arah x dan arah y adalah akibat (Combo: Kuat 1).

- Translasi X = 14,8 mm
- Translasi Y = 2,37 mm
- V = 34936,36 kN

Dari hasil reaksi vertikal pada perletakan pot bearing, maka akan direncanakan multidirectional pot bearing tipe GL40000-50-20. Dimensi dan spesifikasi dapat dilihat seperti pada table dibawah.

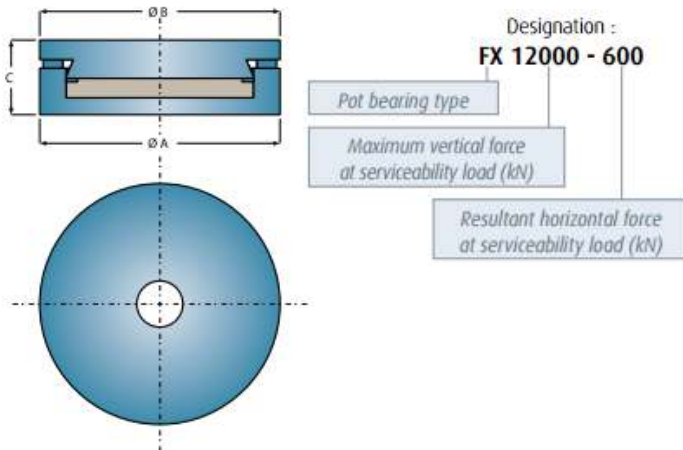
Tabel 4. 4 Dimensi Multiidirectional Pot Bearing  
**Multidirectional pot bearing: TETRON CD®/ GL**

Designation	Ø A (mm)	D (mm)	E (mm)	C (mm)	Weight (kg)
GL 500 • 50 • 20	170	245	225	90	25
GL 1000 • 50 • 20	225	290	175	90	35
GL 1500 • 50 • 20	270	330	315	94	45
GL 2000 • 50 • 20	310	370	355	99	60
GL 2500 • 50 • 20	345	410	395	99	75
GL 3000 • 50 • 20	375	435	430	108	95
GL 3500 • 50 • 20	405	460	465	108	110
GL 4000 • 50 • 20	435	500	495	108	125
GL 4500 • 50 • 20	465	525	530	118	155
GL 5000 • 50 • 20	495	555	550	112	175
GL 6000 • 50 • 20	545	610	605	122	215
GL 7000 • 50 • 20	590	655	655	142	290
GL 8000 • 50 • 20	635	695	695	157	275
GL 9000 • 50 • 20	680	745	740	156	425
GL 10000 • 50 • 20	720	785	785	170	520
GL 12000 • 50 • 20	795	855	860	169	595
GL 14000 • 50 • 20	860	920	920	208	925
GL 16000 • 50 • 20	925	985	985	232	1185
GL 18000 • 50 • 20	985	1045	1045	244	1405
GL 20000 • 50 • 20	1040	1100	1100	250	1610
GL 24000 • 50 • 20	1145	1205	1205	274	2135
GL 28000 • 50 • 20	1240	1300	1300	293	2685
GL 30000 • 50 • 20	1285	1345	1345	317	3095
GL 36000 • 50 • 20	1385	1465	1455	327	3765
GL 40000 • 50 • 20	1495	1555	1555	356	4715
GL 45000 • 50 • 20	1590	1650	1650	365	5455
GL 50000 • 50 • 20	1680	1740	1740	389	6490

*Values given for information only*

c. **Fixed pot bearing**

Jenis perletakan ini hanya tidak memungkinkan adanya gerakan arah lateral.



Gambar 4. 35 Type Perletakan Fixed

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi dan pergerakan pada perletakan (joint 1748) untuk pot bearing arah x dan arah y adalah akibat (Combo: DSTL 8).

- Translasi X = 0 mm
- Translasi Y = 0 mm
- H = 2203,86 kN
- V = 36894,21 kN

Akan direncanakan fixed pot bearing tipe FX50000-2500. Dimensi dan spesifikasi dapat dilihat seperti pada table dibawah:

Tabel 4. 5 Dimensi Fixed Pot Bearing

Fixed pot bearing: TETRON CD®/ FX

Designation	Ø A (mm)	Ø B (mm)	C (mm)	Weight (kg)
FX 500 - 50	180	200	69	15
FX 1000 - 100	255	265	69	25
FX 1500 - 150	295	320	78	40
FX 2000 - 200	345	365	88	60
FX 2500 - 250	385	415	93	75
FX 3000 - 300	420	450	97	95
FX 3500 - 350	460	490	97	110
FX 4000 - 400	480	520	107	135
FX 4500 - 450	510	560	117	170
FX 5000 - 500	570	600	106	205
FX 6000 - 500	580	640	136	255
FX 7000 - 500	620	670	145	305
FX 8000 - 500	660	710	145	340
FX 9000 - 500	690	750	164	430
FX 10000 - 500	730	795	163	470
FX 12000 - 600	835	865	162	565
FX 14000 - 700	905	935	170	685
FX 16000 - 800	945	997	190	865
FX 18000 - 900	1000	1055	209	1085
FX 20000 - 1000	1095	1125	197	1135
FX 24000 - 1200	1190	1220	216	1475
FX 28000 - 1400	1260	1320	285	2400
FX 30000 - 1500	1305	1375	294	2670
FX 35000 - 1750	1415	1475	312	3280
FX 40000 - 2000	1515	1585	321	3865
FX 45000 - 2250	1610	1680	330	4415
FX 50000 - 2500	1700	1770	368	5620

*Values given for information only*



## 4.5 Perhitungan Bangunan Bawah

### 4.5.1 Perhitungan Pilar

Dalam perhitungan pada pilar ini di dapat gaya-gaya dalam yang terjadi dari SAP 2000, yaitu:

$$P_u = 34599,050 \text{ kN}$$

$$M_u = 50623,7 \text{ kNm}$$

$$V_u = 7745,56 \text{ kN}$$

#### Data Perencanaan

- Dimensi pilar  $= 3500 \times 2000 \text{ mm}$
- Panjang pilar  $= 4,6 \text{ m}$
- Mutu beton ( $f'_c$ )  $= 50 \text{ MPa}$
- Diameter Tul. Utama ( $\emptyset$ )  $= 28 \text{ mm}$
- Mutu Baja ( $f_y$ )  $= 400 \text{ MPa}$
- Elastisitas ( $E_s$ )  $= 200000 \text{ MPa}$
- Selimut beton  $= 75 \text{ mm}$

Struktur komponen yang mengalami tekan dapat diabaikan bila memenuhi persyaratan:

Syarat:  $P_u < P_{ijin}$

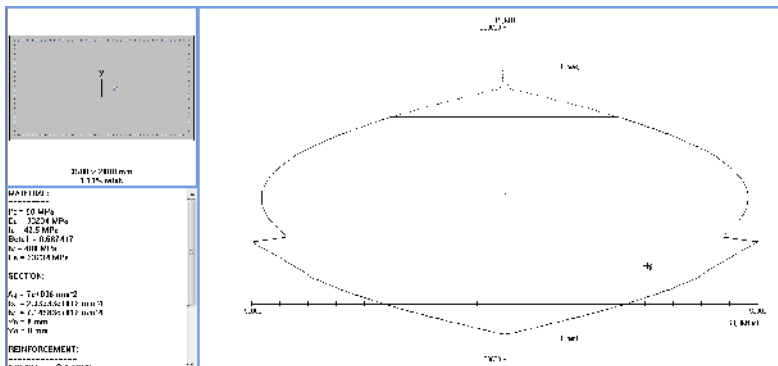
$$34599050 \text{ N} < 0,10 f'_c A_g$$

$$34599050 \text{ N} < 0,10 \times 50 \text{ MPa} \times 3500 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$$

$$34599050 \text{ N} < 3500000 \text{ N (Tekan diabaikan)}$$

Direncanakan menggunakan tulangan 120D28 ( $A_s = 73890,26 \text{ mm}^2$ )

Lalu dicek dengan diagram interaksi hasil program bantu PCA COL seperti pada Gambar berikut ini:



Gambar 4. 32 Diagram Interaksi Pilar

Dari diagram interaksi pada Gambar 9.1 didapatkan rasio tulangan sebesar 1,11% (120 D 28) serta terlihat pula bahwa pilar mampu memikul kombinasi momen dan aksial yang terjadi.

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua tulangan longitudinal adalah 25 mm. Besarnya jarak antara tulangan longitudinal terpasang pada pilar tersebut adalah :

$$S = \frac{b_w - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \phi_{\text{sengkang}} - n \cdot \phi_{\text{tul utama}}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{2000 - 2 \times 75 - 2 \times 13 - 10 \times 28}{20 - 1} = 81,26 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \phi_{\text{sengkang}} - n \cdot \phi_{\text{tul utama}}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{3500 - 2 \times 75 - 2 \times 13 - 10 \times 28}{40 - 1} = 78,05 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

### Penulangan Geser Pilar

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 3500 \times 2000 = 7000000 \text{ mm}^2$$

$$d = 3500 - 75 - 13 - 28/2 = 3398 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$= 11053546 \text{ N} = 11053,546 \text{ kN}$$

Syarat:  $\phi V_c \geq V_u$

$$0,75 \times 11053,546 \text{ kN} \geq 10967,11 \text{ kN}$$

$$8290,16 \text{ kN} > 7745,56 \text{ kN (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.3.5.2 jarak antara tulangan transversal pada pilar tidak boleh kurang dari:

- $8 D_{\text{lentur}} = 8 \times 28 = 224 \text{ mm}$
- $24 D_{\text{geser}} = 312 \text{ mm}$
- $d/2 = 3398 / 2 = 1699 \text{ mm}$
- $300 \text{ mm}$

Jadi dipasang sengkang D13–200 mm di sepanjang pilar

#### 4.5.2 Perhitungan Balok Sloof Pilar

Dalam perhitungan pada balok sloof pilar ini di dapat gaya-gaya dalam yang terjadi dari SAP 2000, yaitu:

$$P_u = 14920 \text{ N}$$

$$M_u = 827300 \text{ N}$$

$$V_u = 224590 \text{ N}$$

#### Data Perencanaan

- Dimensi sloof  $= 1200 \times 800 \text{ mm}$
- Panjang sloof  $= 14 \text{ m}$
- Mutu beton ( $f'_c$ )  $= 40 \text{ MPa}$
- Diameter Tul. Utama ( $\phi$ )  $= 25 \text{ mm}$ 
  - o Mutu Baja ( $f_y$ )  $= 400 \text{ MPa}$
  - o Elastisitas ( $E_s$ )  $= 200000 \text{ MPa}$
- Selimut beton  $= 75 \text{ mm}$

Tegangan ijin tarik beton :

$$f_{ijin} = 0,62 \times \sqrt{f'_c} = 0,62 \times \sqrt{50} = 4,38 \text{ MPa}$$

Tegangan Tarik yang terjadi :

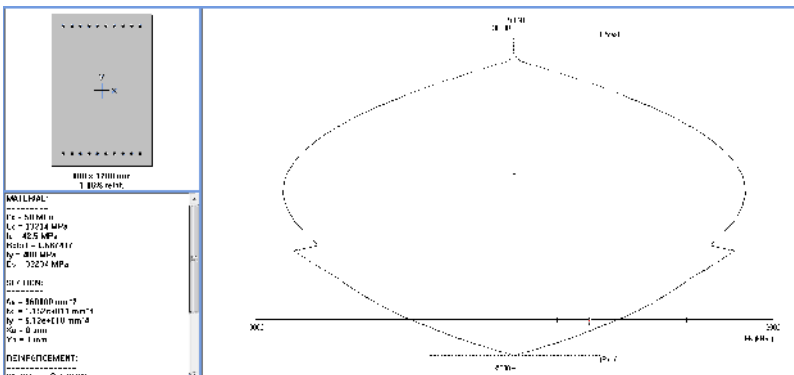
$$f_r = \frac{P_u}{\phi b h} = \frac{14920}{0,8 \times 800 \times 1200} = 0,02 < f_{ijin} \text{ (OK)}$$

Dimensi Sloof

$$h = \frac{1}{12} = \frac{14000}{12} = 1200 \text{ mm}$$

$$b = \frac{2h}{3} = \frac{2 \times 1200}{3} = 800 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan 20D25 ( $A_s = 9817,45 \text{ mm}^2$ )  
Lalu dicek dengan diagram interaksi hasil program bantu PCA COL seperti pada Gambar berikut ini:



Gambar 4. 33 Diagram Interaksi Balok Sloof

Dari diagram interaksi pada Gambar 9.1 didapatkan rasio tulangan sebesar 1,06% (20 D 25) serta terlihat pula bahwa sloof mampu memikul kombinasi momen dan aksial yang terjadi.

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua tulangan longitudinal adalah 25 mm. Besarnya jarak antara tulangan longitudinal terpasang pada balok sloof tersebut adalah :

$$S = \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \text{Øsenggang} - n \cdot \text{Øtul utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{800 - 2 \times 75 - 2 \times 13 - 10 \times 25}{10 - 1} = 41,5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

### Penulangan Geser Sloof

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 800 \times 1200 = 960000 \text{ mm}^2$$

$$d = 1200 - 75 - 13 - 25/2 = 1100 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w d$$

$$= 821589,64 \text{ N} = 821,59 \text{ kN}$$

Syarat:  $\phi V_c \geq V_u$

$$0,75 \times 821,56 \text{ kN} \geq 224,59 \text{ kN}$$

$$821,59 \text{ kN} > 224,59 \text{ kN (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.3.5.2 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari:

- $8 D_{\text{lentur}} = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$
- $24 D_{\text{geser}} = 312 \text{ mm}$
- $d/2 = 1100/2 = 550 \text{ mm}$
- $300 \text{ mm}$

Jadi dipasang sengkang D13–200 mm di sepanjang sloof.

### 4.5.3 Perhitungan Pondasi

Pondasi merupakan bangunan struktur bawah yang berfungsi sebagai perantara dalam meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung di bawahnya.

Perencanaan bangunan bawah atau pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan yang baik menghasilkan pondasi yang tidak hanya aman, namun juga efisien, ekonomis dan memungkinkan pelaksanaannya. Adapun data tanah yang didapatkan dari lokasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Data Klasifikasi Tanah

Lapisan tanah ke-i	Tebal lapisan (di)	Deskripsi jenis tanah	Nilai N-SPT
	(m)		
1	2,5	Sand, Loose, Grey	2
2	2,5	Sand, Loose, Grey	3
3	2,5	Sand, Loose, Grey	8
4	2,5	Sand, Medium dense, Grey	12
5	2,5	Sand, Medium dense, Grey	12
6	2,5	Sand, Medium dense, Grey	14
7	2,5	Sand, Medium dense, Grey	18
8	2,5	Sand silt, very Stiff, Brown	17
9	2,5	Sandy, Organic, very Stiff, Brown grey	27
10	2,5	Sandy silt, Hard, Blackist grey	31
11	2,5	Sandy silt, Brownish grey	50
12	2,5	Sandy silt, Brownish grey	50
13	2,5	Sandy silt, Brownish grey	50
14	2,5	Sandy silt, Brownish grey	50
$\Sigma di$	35		344

Desain tiang pancang yang akan dianalisis adalah pada AS P.7 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.34



Gambar 4. 34 Perencanaan Pondasi yang Ditinjau

- Kedalaman tiang pancang = 25 m
- Diameter tiang pancang (d) = 80 cm
- Keliling tiang pancang ( $A_s$ ) =  $\pi d = 251,33$  cm
- Luas tiang pancang ( $A_p$ ) =  $\frac{1}{4} \pi d^2$   
 $= \frac{1}{4} \pi (80 \text{ cm})^2$   
 $= 5026,55 \text{ cm}^2$

Direncanakan pile cap dengan dimensi:

- L = 21 m
- B = 9 m
- T = 1,5 m

Digunakan tiang pancang produksi WIKA Type C. Dengan tekanan ijin sebesar 367,6 Ton.

### Beban Pada Tiang Pancang

Dari hasil analisis struktur didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada pondasi seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Reaksi Kolom AS 2-D

No	Kombinasi	Gaya Dalam				
		P (Kn)	F <sub>x</sub> (kN)	F <sub>y</sub> (kN)	M <sub>x</sub> (kNm)	M <sub>y</sub> (kNm)
1	1D+1L	34108.1	10972.86	0.7	0.44	49683.3
2	1D+1L+1EqX	34108.9	11068.74	28.543	71.993	49931.4
3	1D+1L+1EqY	34108.3	11001.62	93.511	238.96	49757.7

Pada desain tiang pancang ini akan digunakan kombinasi terbesar dari beban tetap dan beban sementara. Berdasarkan hal tersebut maka digunakan kombinasi beban sementara sebagai acuan gaya dalam untuk desain pondasi. Oleh karena itu, didapat momen pada dasar poer, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{x0} &= M_x + F_y \times t = 238,96 + (93,511 \times 1,5) \\ &= 379,23 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y0} &= M_y + F_x \times t = 49931,4 + (11068,74 \times 1,5) \\ &= 66535 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$P_{\max} = 34108,9 \text{ kN}$$

Beban vertikal yang berkerja akibat pengaruh beban sementara dan beban sendiri poer sebagai berikut :

- Berat sendiri poer  
21 m x 9 m x 1,5 m x 24 kNm = 6804 kN
- Beban aksial pilar  
Beban tetap (P)  $\frac{= 34108,9 \text{ kN}}{\Sigma P = 40912,9 \text{ kN}}$

### **Daya Dukung Ijin Satu Tiang**

Daya dukung ijin satu tiang pancang dianalisis berdasarkan nilai N-SPT dari hasil SPT dengan menggunakan perumusan WKA.

Berdasarkan metode Mayerhoff

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \times N \times A_p) + \left( \frac{N_{av} \times A_s}{5} \right)$$

Dimana :

- $Q_u$  : Daya dukung ultimate tiang (ton)
- $Q_{ijin}$  : Daya dukung ijin tiang (ton)
- $Q_p$  : Daya dukung ujung tiang (ton)
- $Q_s$  : Daya dukung selimut tiang (ton)
- $N$  : Nilai SPT pada ujung tiang (blow/m)



$N_{av}$  : Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang  
 (blow/m)  
 $A_p$  : Luas permukaan ujung tiang ( $m^2$ )  
 $A_s$  : Luas selimut tiang ( $m^3$ )

Nilai SPT pada ujung tiang

$N = 31$  blow/m

Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

$$\begin{aligned}
 N_{av} &= \frac{2 + 3 + 8 + 12 + 12 + 14 + 18 + 17 + 27 + 31}{10} \\
 &= 15,84 \text{ blow/m}
 \end{aligned}$$

Daya dukung ultimate tiang

$Q_u = Q_p + Q_s$

$$Q_u = (40 N_{av} A_p) + \left( \frac{N_{av} A_s}{5} \right)$$

$$Q_u = (40 \times 31 \text{ blow/m} \times 0,502 \text{ m}^2) + \left( \frac{15,84 \text{ blow/m} \times 2,513 \text{ m}}{5} \right)$$

$$Q_u = 631,254 \text{ Ton}$$

Daya dukung ijin tanah

$$P_{\text{ijin}} = \frac{Q_u}{FS} = \frac{631,254 \text{ Ton}}{3} = 210,42 \text{ Ton}$$

Kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik PT.WIKA BETON untuk diameter 80 cm (Type C) diperoleh  $\bar{P} = 367,6$  Ton. Berdasarkan hasil analisis kekuatan bahan dan kekuatan tanah diambil  $\bar{P}$  terkecil, yaitu = 210,42 Ton.

### **Tiang Pancang Kelompok**

Jumlah tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut:

$$n = \frac{\Sigma P}{PE_k}$$

$$= \frac{4091,29 \text{ Ton}}{210,4 \text{ Ton}} = 19,4 \approx 40 \text{ buah}$$

Maka direncanakan dengan 40 pancang dengan letak tiang pancang pada poer diperlihatkan pada Gambar 4.80.

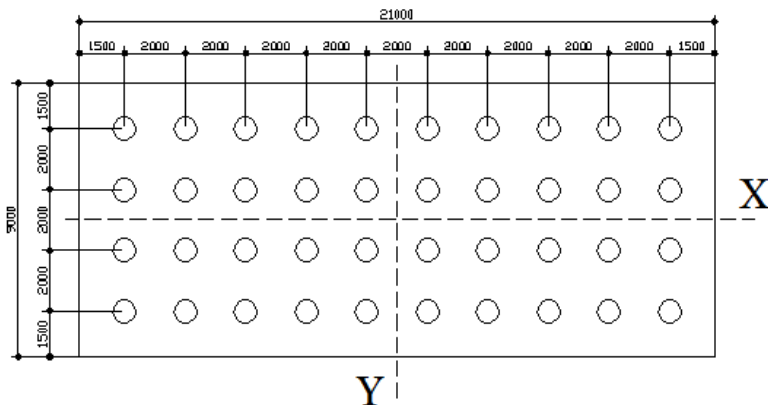
Syarat jarak antar tiang pancang (s):

$$2,5D \leq S_x \leq 5D \rightarrow S_x = 2,5D = 2,5 \times 0,8 = 2 \text{ m}$$

$$2,5D \leq S_y \leq 5D \rightarrow S_y = 2,5D = 2,5 \times 0,8 = 2 \text{ m}$$

Syarat jarak tiang pancang ke tepi poer (s'):

$$1,5D \leq S \leq 2D \rightarrow S = 150 \rightarrow 120 \leq 150 \leq 160 \text{ (OK)}$$



Gambar 4. 37 Posisi tiang pancang kolom

### Kontrol Beban Aksial Satu Tiang Pancang

Berdasarkan Gambar 4.79 didapatkan jarak masing-masing tiang pancang terhadap titik berat poer, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.3

Tabel 4. 8. Jarak Tiang Pancang Kolom

Tiang	Sumbu (m)				Tiang	Sumbu (m)			
	x	x2	y	y2		x	x2	y	y2
P1	9	81	3	9	P21	9	81	1	1
P2	7	49	3	9	P22	7	49	1	1
P3	5	25	3	9	P23	5	25	1	1
P4	3	9	3	9	P24	3	9	1	1
P5	1	1	3	9	P25	1	1	1	1
P6	1	1	3	9	P26	1	1	1	1
P7	3	9	3	9	P27	3	9	1	1
P8	5	25	3	9	P28	5	25	1	1
P9	7	49	3	9	P29	7	49	1	1
P10	9	81	3	9	P30	9	81	1	1
P11	9	81	1	1	P31	9	81	3	9
P12	7	49	1	1	P32	7	49	3	9
P13	5	25	1	1	P33	5	25	3	9
P14	3	9	1	1	P34	3	9	3	9
P15	1	1	1	1	P35	1	1	3	9
P16	1	1	1	1	P36	1	1	3	9
P17	3	9	1	1	P37	3	9	3	9
P18	5	25	1	1	P38	5	25	3	9
P19	7	49	1	1	P39	7	49	3	9
P20	9	81	1	1	P40	9	81	3	9

Sehingga,  $\Sigma x^2 = 1320$  dan  $\Sigma y^2 = 200$

Gaya yang dipikul oleh masing-masing tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut :

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_{x_o} y_{\max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_{y_o} x_{\max}}{\Sigma x^2}$$

$$P_{\max} = \frac{40913}{40} + \frac{379,23 \times 3}{200} + \frac{66535 \times 9}{1320}$$

$$= 1482,2 \text{ kN}$$

$$P_{\min} = \frac{40913}{40} - \frac{379,23 \times 3}{200} - \frac{66535 \times 9}{1320}$$

$$= 563,5 \text{ kN}$$

Maka, tekanan maksimum satu tiang pancang adalah 1482 kN  
 $\leq 2104 \text{ kN (OK)}$

### Menentukan Efisiensi Aktual

Efisiensi aktual ditentukan dengan menggunakan perumusan dari Converse-Labarre sebagai berikut :

Jumlah baris (m) = 2

Jumlah pilar (n) = 2

$$E_k = 1 - \tan^{-1} \frac{D}{S} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right]$$

$$= 1 - \tan^{-1} \frac{0,8}{2,2} \left[ \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \times 2 \times 2} \right]$$

$$= 0,705$$

Sehingga,

$$Q_{ijin \text{ group}} = E_k \times Q_{ijin \text{ 1 tiang}} \times n$$

$$= 0,705 \times 210,42 \text{ Ton} \times 40$$

$$= 5933 \text{ Ton} > P_u = 3410,9 \text{ Ton (OK)}$$

### Kontrol Terhadap Gaya Lateral

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philipponat dimana kedalaman minimal tanah

terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut:

- Monolayer : 3 meter atau 6 kali diameter
- Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan:

Tanah bersifat multi layer

$$\begin{aligned} L_e &= \text{panjang penjepitan} \\ &= 3D = 3 \times 0,8 = 2,4 \text{ m} \end{aligned}$$

### Arah Y

$$\begin{aligned} M_y &= \frac{L_e H_x}{n} \\ &= \frac{2,4 \times 11069 \text{ kN}}{40} \\ &= 664,12 \text{ kNm} = 66,412 \text{ Tm} \\ \text{Syarat: } M_y &< M_{\text{bending crack}} \\ 66,41 \text{ Tm} &< 70,6 \text{ Tm (OK)} \end{aligned}$$

### Arah X

$$\begin{aligned} M_x &= \frac{L_e H_y}{n} \\ &= \frac{2,4 \times 93,511 \text{ kN}}{40} \\ &= 5,611 \text{ kNm} = 0,561 \text{ Tm} \\ \text{Syarat : } M_x &< M_{\text{bending crack}} \\ 0,561 \text{ Tm} &< 17 \text{ Tm (OK)} \end{aligned}$$

## b. Perhitungan Pondasi Poer

### Kontrol Tebal Poer Pilar

Perencanaan tebal poer harus memenuhi suatu ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi.

Data Perencanaan Poer :

- Dimensi Pilar = 1500 x 3000 mm
- Dimensi Poer = 21 x 9 x 1,5 m
- Selimut Beton = 75 mm
- Ø Tulangan = 25 mm
- Mutu Beton ( $f'c$ ) = 40 MPa
- Dimensi tiang pancang = 800 mm
- $\lambda$  = 1 (Beton Normal)
- $\alpha s$  = 30 (untuk pilar tepi)
- Rasio sisi panjang terhadap daerah reaksi ( $\beta$ )

$$\beta = \frac{1500}{3000} = 0,5$$

$$d = 1500 - 75 - \frac{25}{2} = 1412,5 \text{ mm}$$

#### Cek Geser Ponds 2 Arah Terhadap Poer Pilar

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah Pilar oleh karena itu, Keliling penampang kritis ( $b_o$ ) ditentukan dengan perumusan dibawah:

$$\begin{aligned} b_o &= \text{Keliling penampang kritis} \\ &= 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2 (h_{\text{kolom}} + d) \\ &= 2 (1500 + 1412,5) + 2 (3000 + 1412,5) = 14650 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut:

$$\begin{aligned} \text{a. } V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\ V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{0,5} \right) 1 \times \sqrt{40} \times 14650 \times 1412,5 \\ V_c &= 133492,31 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c &= 0,083 \left( \frac{30 \times 1412,5}{14650} + 2 \right) 1 \times \sqrt{40} \times 14650 \times 1412,5 \\
 V_c &= 53145,22 \text{ kN} \\
 \\
 \text{c. } V_c &= 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d \\
 V_c &= 0,331 \times \sqrt{40} \times 14650 \times 1412,5 \\
 V_c &= 43188,69 \text{ kN (Menentukan)}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser 43188,69 kN.

Syarat:  $V_c \geq P_u$  kolom

$$43188,69 \text{ kN} \geq 34108 \text{ kN (OK)}$$

Sehingga, ketebalan dan ukuran pile cap memenuhi syarat terhadap geser ponds.

#### Cek Geser Ponds 2 Arah Terhadap Tiang

Penampang kritis adalah pada daerah dibawah kolom oleh karena itu, Keliling penampang kritis ( $b_o$ ) ditentukan dengan perumusan dibawah :

$b_o$  = Keliling penampang kritis

$$\begin{aligned}
 &= \pi \times \left( \left( D + \frac{d}{2} \right) \times 2 \right) \\
 &= 6950,77 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013, Pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari poin berikut :

$$a. \quad V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{0,5} \right) 1 \times \sqrt{40} \times 6950,77 \times 1412,5$$

$$V_c = 52780,14 \text{ kN}$$

$$b. \quad V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{30 \times 1412,5}{14650} + 2 \right) 1 \times \sqrt{40} \times 6950,77 \times 1412,5$$

$$V_c = 41727,66 \text{ kN}$$

$$c. \quad V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$V_c = 0,331 \times \sqrt{40} \times 6950,77 \times 1412,5$$

$$V_c = 20491,11 \text{ kN (Menentukan)}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser 20491,11 kN.

Syarat:  $V_c \geq P_u$  tiang

$$20491,11 \text{ kN} \geq 210,42 \text{ kN (OK)}$$

Sehingga, ketebalan dan ukuran pile cap memenuhi syarat terhadap geser ponds.

### Desain Penulangan Poer Pilar

Desain penulangan lentur poer dianalisis sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada pilar. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang pancang sebesar  $P$  dan berat sendiri poer sebesar  $q$ . Desain penulangan poer pilar akan menggunakan tulangan baja dengan data desain sebagai berikut:



Data Perencanaan :

- Dimensi Poer (B x L) = 9000 x 21000 mm
- Tebal Poer = 1500 mm
- Mutu Beton ( $f'_c$ ) = 40 MPa
- Diameter Tul. Utama ( $\emptyset$ ) = 25 mm
- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Elastisitas ( $E_f$ ) = 200000 MPa
- Tebal Selimut Beton = 75 mm
- Tinggi efektif balok poer  
 $d_x = 1500 - 75 - 25/2 = 1412,5 \text{ mm}$   
 $d_y = 1500 - 75 - 25 - 25/2 = 1388 \text{ mm}$

Desain penulangan hanya dianalisis pada salah satu sumbu saja, hal tersebut dilakukan karena bentuk penampang poer yang simetris.

Desain Penulangan Poer

$$\text{Berat Poer (qu)} = 21 \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2,4 \text{ Ton/m}^2 \\ = 302,4 \text{ Ton/m}$$

$$P_t = 10 \times P_{\text{max}} = 10 \times 148,22 \text{ T} = 1482,2 \text{ Ton}$$

$$M_u = (P_t \times e) - \left( \frac{1}{2} q_u e^2 \right) \\ = (1482,2 \times 2) - \left( \frac{1}{2} \times 216 \times 2^2 \right) \\ = 2359,5 \text{ Tonm} = 23595,11 \text{ kNm} \\ = 23595110000 \text{ Nmm}$$

Penulangan Arah X

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,25 \sqrt{f_c} = 0,25 \sqrt{40 \text{ MPa}} = 0,00395$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = \frac{400}{0.85 \times 40} = 11,765$$

$$R_n = \frac{\mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2359510567,7}{0,9 \times 21000 \times 1412,5^2} = 0,63 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= 0,0016$$

#### Cek rasio tulangan

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}}$$

$$0,00395 > 0,0016$$

Karena kurang dari  $\rho_{\text{min}}$ , maka dipakai  $\rho_{\text{min}}$ .

$$A_{s\text{perlu}} = 0,00395 \times 21000 \times 1412,5 = 117251 \text{ mm}^2$$

#### Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 1500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 3000 \text{ mm}$$

$$S_{\text{perlu}} \leq S_{\text{maks}}$$

$$\frac{1/4 \pi d^2 b}{A_{s\text{perlu}}} \leq 3000 \text{ mm}$$

$$\frac{1/4 \pi (25)^2 21000}{115176} \leq 3000 \text{ mm}$$

$$87,91 \text{ mm} < 3000 \text{ mm (memenuhi)}$$

#### Tulangan pasang

Dicoba pasang tulangan D25 – 85 mm

$$\text{Syarat: } A_{s\text{perlu}} \leq A_{s\text{pasang}}$$

$$117251 \text{ mm}^2 \leq \frac{1/4 \pi d^2 b}{s_{\text{pasang}}}$$

$$117251 \text{ mm}^2 \leq \frac{1/4 \pi (25)^2 21000}{85}$$

$$117251 \text{ mm}^2 \leq 121274,72 \text{ mm}^2$$

Maka, digunakan tulangan D25 – 85 pada penulangan arah X.

Penulangan Arah Y

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = 0,25\sqrt{f_c} = 0,25\sqrt{40 \text{ MPa}} = 0,00395$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,765$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2359510567,7}{0,9 \times 15000 \times 1388} = 0,65 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= 0,0016$$

Cek rasio tulangan

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}}$$

$$0,00395 > 0,0016$$

Karena kurang dari  $\rho_{\min}$ , maka dipakai  $\rho_{\min}$ .

$$A_{s\text{perlu}} = 0,00395 \times 21000 \times 1388 = 115176 \text{ mm}^2$$

Syarat spasi antar tulangan

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \times 1500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 3000 \text{ mm}$$

$$S_{\text{perlu}} \leq S_{\text{maks}}$$

$$\frac{1/4 \pi d^2 b}{A_{s\text{perlu}}} \leq 3000 \text{ mm}$$

$$\frac{1/4 \pi (25)^2 21000}{115176} \leq 3000 \text{ mm}$$

$$89,5 \text{ mm} < 3000 \text{ mm (memenuhi)}$$

Tulangan pasang

Dicoba pasang tulangan D25 – 85 mm

Syarat: As perlu  $\leq$  As pasang

$$115176 \text{ mm}^2 \leq \frac{1/4 \pi d^2 b}{s \text{ pasang}}$$

$$115176 \text{ mm}^2 \leq \frac{1/4 \pi (25)^2 21000}{85}$$

$$115176 \text{ mm}^2 \leq 121274,72 \text{ mm}^2$$

Maka, digunakan tulangan D25 – 85 pada penulangan arah .

*"Halaman ini Sengaja Dikosongkan"*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari berbagai macam analisa dan kontrol yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan struktur Modifikasi Jembatan Musi IV ini antara lain:

1. Pelat lantai kendaraan berupa pelat beton dengan tebal 20 cm dan dilapisi aspal setebal 5 cm
2. Profil struktur sekunder Jembatan Busur Musi IV menggunakan mutu baja BJ 50 dengan  $f_y = 290$  MPa dan  $f_u = 500$  MPa.
3. Dari hasil perhitungan struktur sekunder jembatan busur didapatkan:
  - Profil gelagar memanjang WF 450 x 200 x 9 x 14
  - Profil gelagar melintang WF 900 x 300 x 18 x 34
  - Ikatan angin lantai kendaraan L 200 x 200 x 20
  - Ikatan angin rangka Box 250 x 250 x 8 x 8
4. Pada permodelan struktur jembatan menggunakan SAP2000, digunakan permodelan 3 dimensi untuk mencari gaya aksial batang maksimum sesuai garis pengaruh batang akibat beban berjalan yang kemudian dijadikan acuan untuk mendesain profil batang yang digunakan sesuai gaya batang yang terjadi.
5. Profil struktur sekunder Jembatan Busur Musi IV menggunakan mutu baja BJ 55 dengan  $f_y = 410$  MPa dan  $f_u = 550$  MPa. Dari hasil perhitungan struktur primer jembatan busur didapatkan:
  - Ikatan angin lantai kendaraan L 200 x 200 x 20
  - Ikatan angin rangka Box 250 x 250 x 8 x 8
  - Batang penggantung Rod Hanger Anvil D4,5"
  - Batang pelengkung box 1800 x 1000 x 50 x 50
  - Batang tarik box 1800 x 1000 x 50 x 50
  - Bracing portal akhir pipa baja D14" x 0,5"
  - Kolom Portal akhir box 500 x 500 x 20 x 20
  - Ikatan silang portal akhir box 250 x 250 x 8 x 8

6. Perletakan menggunakan pot bearing dengan tipe:
  - Undirectional tipe GG40000-2000-50
  - Multidirectional tipe GL40000-50-20
  - Fixed tipe FX50000-2500
7. Pilar jembatan berukuran tinggi 4,6 meter dengan panjang 3 meter dan lebar 2 meter disertai dengan dimensi poer berukuran panjang 21 meter lebar 9 meter dan tebal 1,5 meter. Mutu beton yang dipakai yaitu  $f'c = 50$  MPa dan 40 MPa.
8. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang PT. WIKABETON dengan  $D = 80$  cm (type C) dengan kedalaman 24 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (Standard Penetration Test). Jumlah kebutuhan tiang pancang yaitu 40 buah tiang pancang.

## 5.2 Saran

Di dalam laporan Tugas Akhir ini masih tentunya masih terdapat kesalahan-kesalahan. Di bawah ini adalah beberapa saran untuk memperbaiki perencanaan jembatan busur sehingga kedepannya didapatkan hasil yang baik dan maksimal, diantaranya:

1. Untuk perhitungan dan mendesain jembatan serta metode pelaksanaannya, lebih disarankan menggunakan *software* MIDAS CIVIL daripada SAP2000 karena fitur pada MIDAS CIVIL lebih khusus untuk perhitungan jembatan daripada SAP2000.
2. Dalam menghitung beban balok memanjang sebaiknya dihitung penuh tanpa direduksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ageng, Galih. Suswanto, Budi. 2011. **Perencanaan Jembatan Busur Menggunakan Dinding Penuh Pada Sungai Brantas Kota Kediri**. Surabaya. Teknik Sipil FTSP ITS.
- Alika, Koshi. Kottail, Laju. 2016. **Performance Comparison of Through Arch Bridge at Different Arch Positions**. International Journal of Scientific & Engineering Research.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. **Standar Nasional Indonesia Tata Cara Perencanaan Struktur Baja (SNI 03-1729-2002)**.
- Badan Standardisasi Nasional. 2005. **Rancangan Standar Nasional Indonesia Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan (RSNI T-03-2005)**.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **Rancangan Standar Nasional Indonesia Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa (RSNI 2833:2013)**.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. **Standar Nasional Indonesia Pembebanan untuk Jembatan (SNI 1725:2016)**.
- Gugo, Hilmy. Irawan, Joko. 2013. **Desain Jembatan Baru Pengganti Jembatan Kutai Kartanegara Dengan Sistem Busur**. Surabaya. Teknik Sipil FTSP ITS
- Gunawan, R dan Morisco. 1987. **Tabel Profil Konstruksi Baja**. Yogyakarta. Kanisius.
- Harwijono. Sugihardjo, Hidayat. Irawan, Joko. 2007. **Diklat Kuliah Rekayasa Jembatan Bentang Panjang**. Surabaya. Teknik Sipil FTSP ITS.
- Setiawan, Agus. 2008. **Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD Edisi Kedua**. Semarang. Erlangga.
- Wahyudi, Herman. 2009. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya. Teknik Sipil FTSP-I



*“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”*

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Triyoga Bayu Lestariyanto, lahir di Surabaya pada tanggal 24 Agustus 1994. Penulis merupakan putra bungsu dari tiga bersaudara.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Hang Tuah IX dan lulus pada tahun 2000, SD Hang Tuah III dan lulus pada tahun 2006, SMP Negeri 9 Surabaya dan lulus pada

tahun 2009, serta SMA Negeri 16 Surabaya dan lulus pada tahun 2012. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Diploma III jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya dan melanjutkan studi S1 jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya terdaftar dengan NRP 3115 105 048.

Di jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya, penulis adalah mahasiswa Program Sarjana S1 Lintas Jalur (LJ) dengan bidang keahlian struktur.

***Triyoga Bayu Lestariyanto (Mr.)***

*Civil Engineering Student*

*Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*

*triyogabayu@gmail.com*

*(+62) 85733002296*



PERENCANAAN TEKNIK SHIMS DAN ART  
LIGHTNING  
JEMBATAN DUPLIKASI MUSI II DAN MUSI IV

Pelaksanaan Jalan Nasional

NO. PAKET

NAMA PAKET

PROVINSI

Perencanaan Teknik P2JN  
Provinsi Sumatera Selatan  
KONSULTAN PERENCANA  
PT TERASIS EROJAYA

TH. 2016 PT. TERASIS EROJAYA

EM :	DIRENCANAKAN OLEH :
------	---------------------

---

---

Diperiksa Oleh :

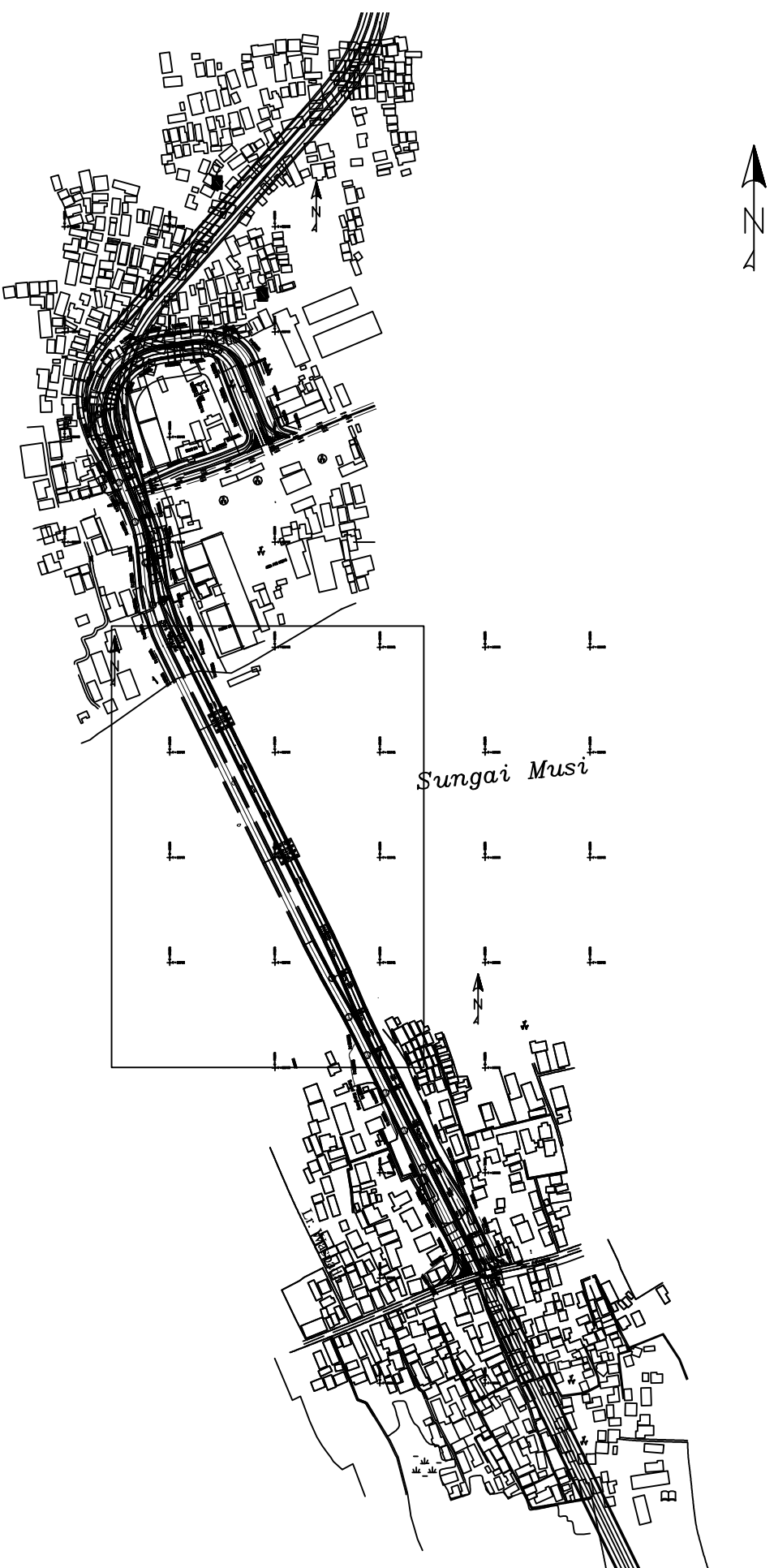
P2JN Prov. Sumsel

JUDUL GAMBAR :

CITE BY AUTHOR - CHARACTER

Tanggal :	
NO. Gambar:	

GEN-IV-SHMS-001



SITEPLAN MUSI IV  
SKALA 1 : 20000





PERENCANAAN TEKNIKIS SHMS DAN ART  
LIGHTNING  
JEMBATAN DUPLIKASI MUSI II DAN MUSI

NO. PAKET	P.4
NAMA PAKET	Perencanaan Teknik Sipil dan Arsitektur Mus II dan Mus. IV
PANJANG	

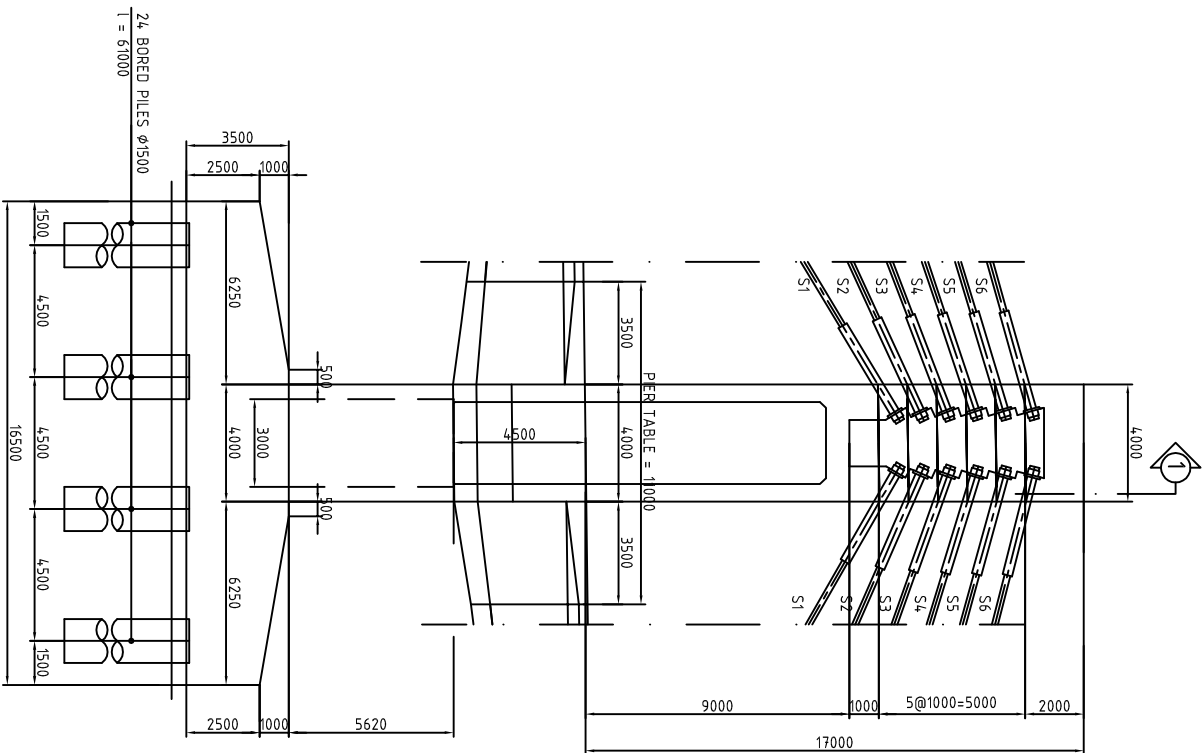
**Perencanaan Teknik P2J  
Provinsi Sumatera Selatan  
KONSULTAN PERENCANAAN  
PT TERASIS EROJAYA**

DIGAMBAR OLEH :	DIRENCANAKAN OLEH :
-----------------	---------------------

P2JN Prov. Sumssel

## KONDISI EKSTISTING JEMBATAN MUSI IV

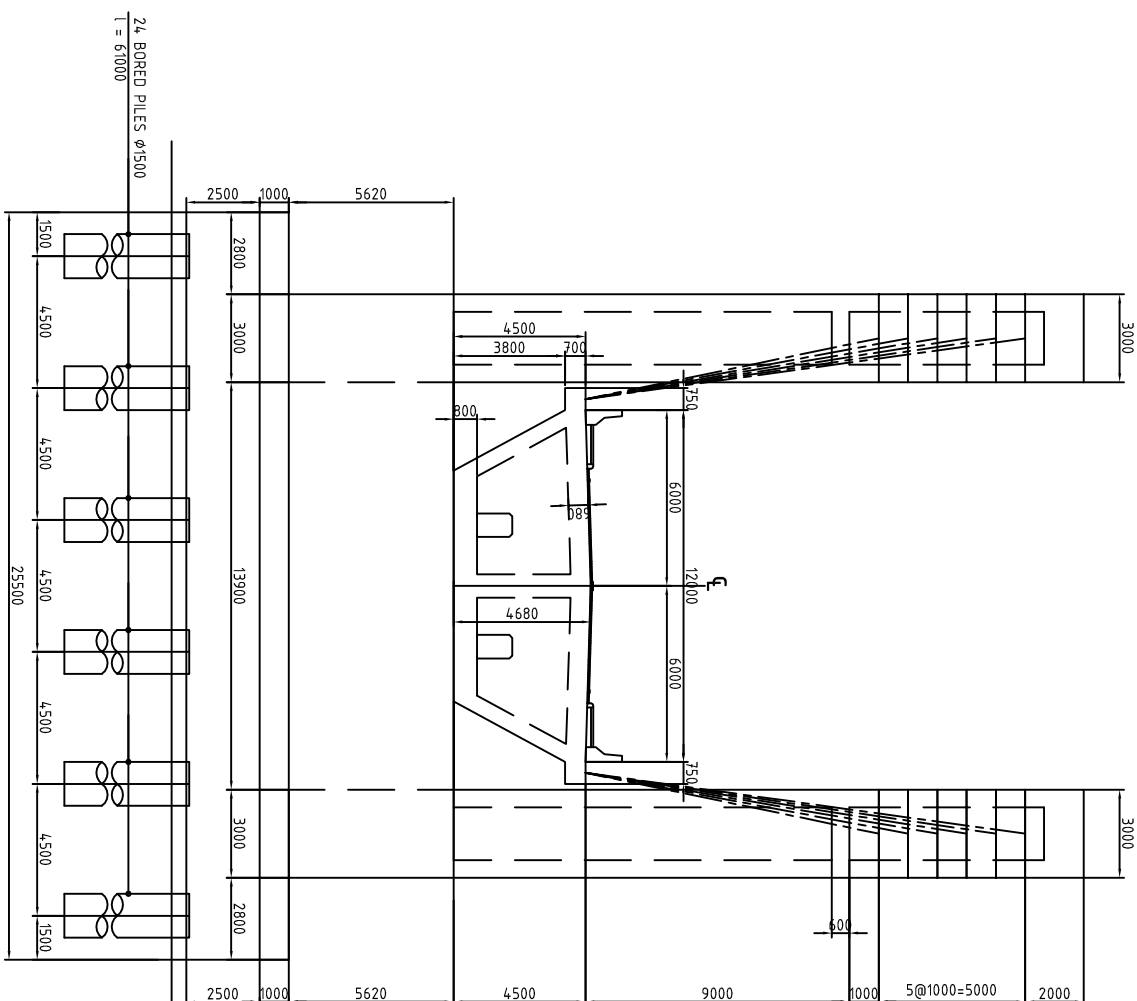
NO. Gambar: GEN-IV-SHMS-003



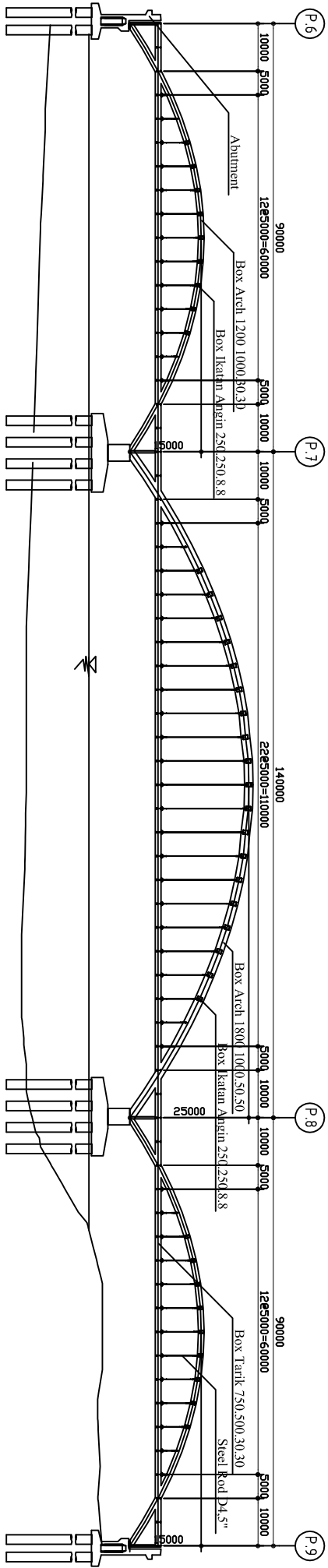
# DETAIL PYLON

---

## SKALA 1 : 250

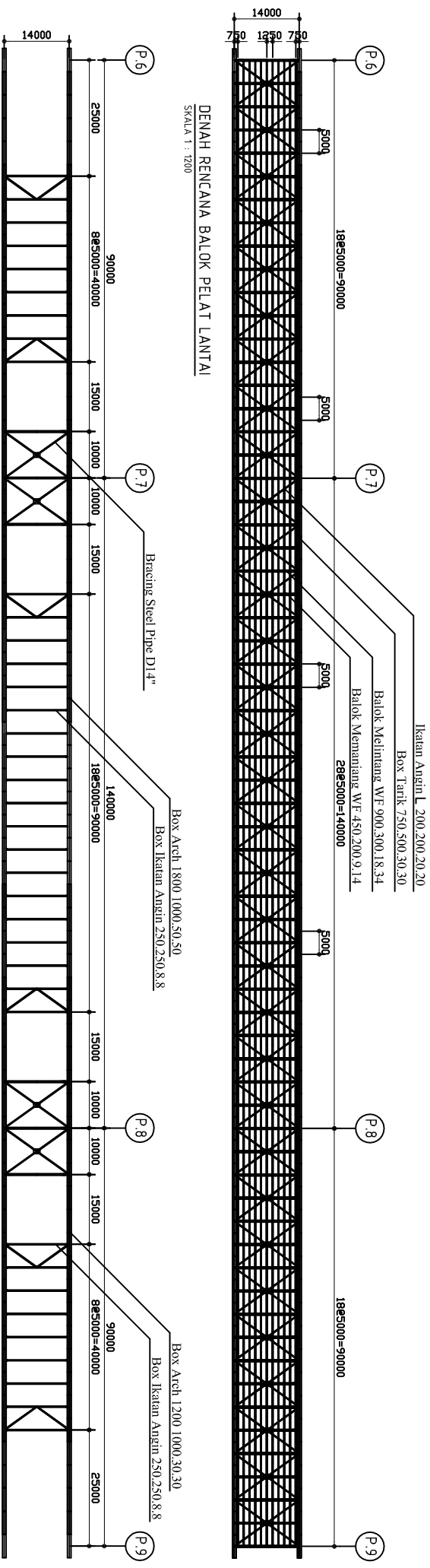


**POTONGAN 1**  
**SKALA 1 : 250**



POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN MODIFIKASI

SKALA 1 : 1200



DENAH RENCANA BALOK PELAT LANTAI

SKALA 1 : 1200

DENAH RENCANA ARCH & BRACING

SKALA 1 : 1200



JURUSAN TEKNIK SIPIL, LINTAS JALUR  
FTSP - ITS

MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN  
MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM  
STEEL BOX HALF THROUGH ARCH

DOSEN KONSULTASI

NAMA MAHASISWA

JUDUL GAMBAR

CATATAN

NO

JML

BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D  
NIP. 19730128 199802 1 002

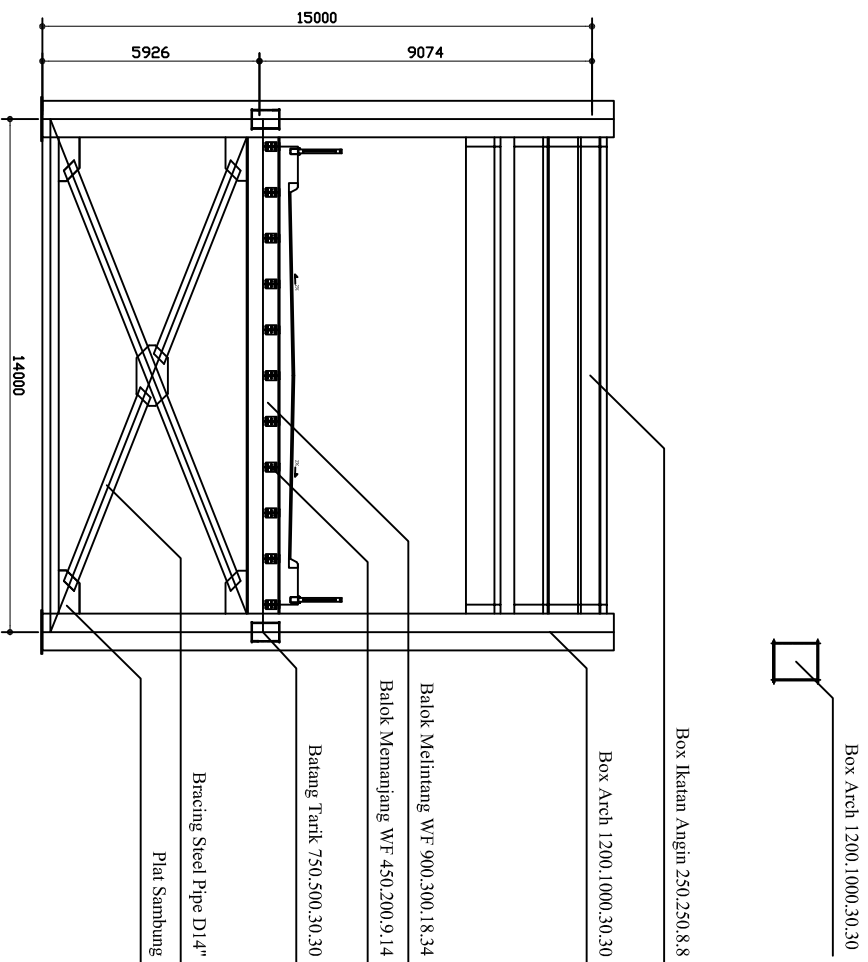
TRIYOGA BAYU L.  
NRP. 3115 105 048

KONDISI JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI

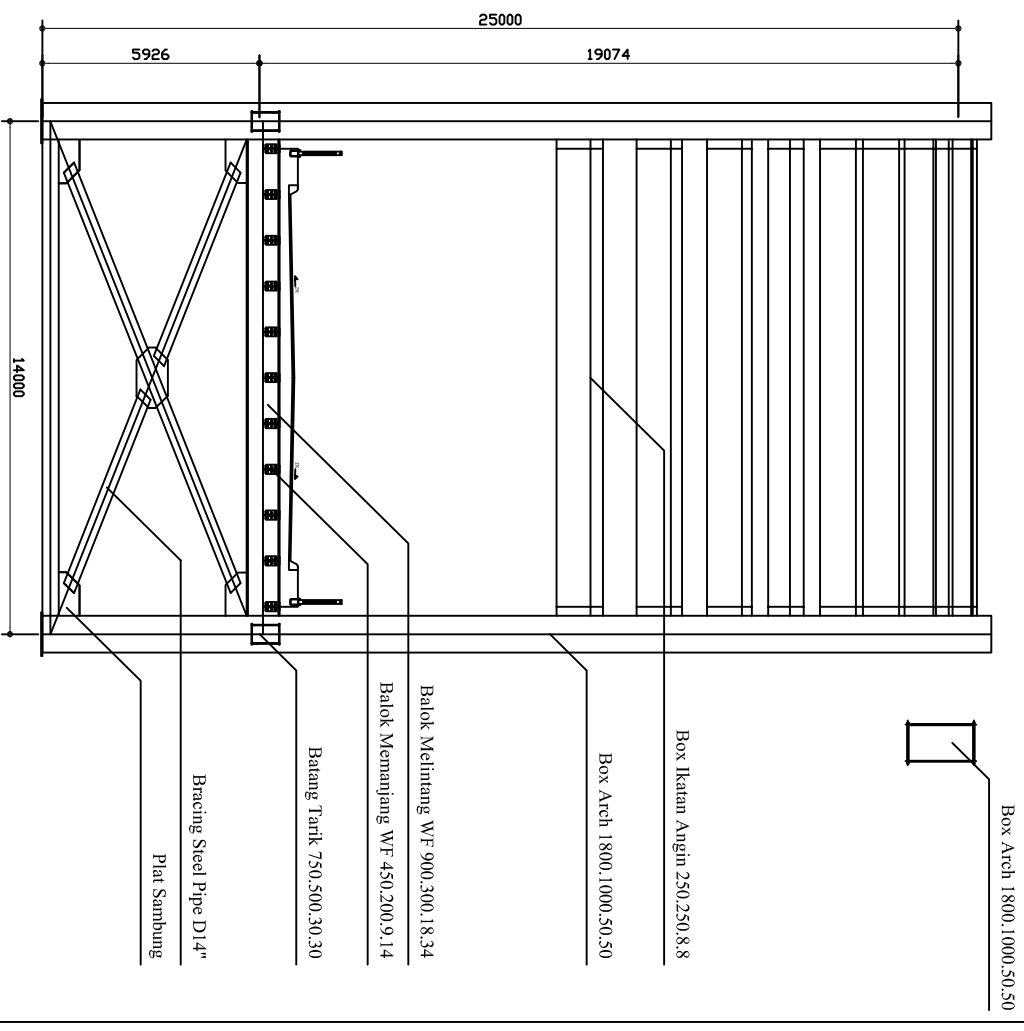
1. POTONGAN MEMANJANG  
2. DENAH RENCANA BALOK PELAT LANTAI  
3. DENAH RENCANA ARCH & BRACING

4


17

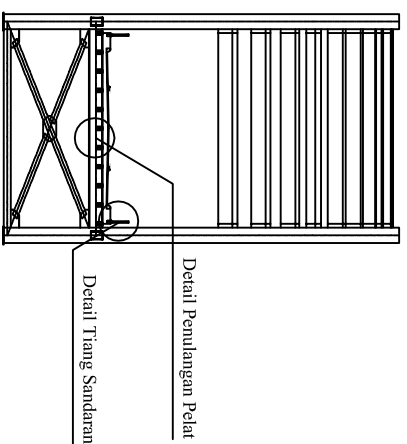


POTONGAN MELINTANG BUSUR P6-P7/P8-P9  
SKALA 1 : 200

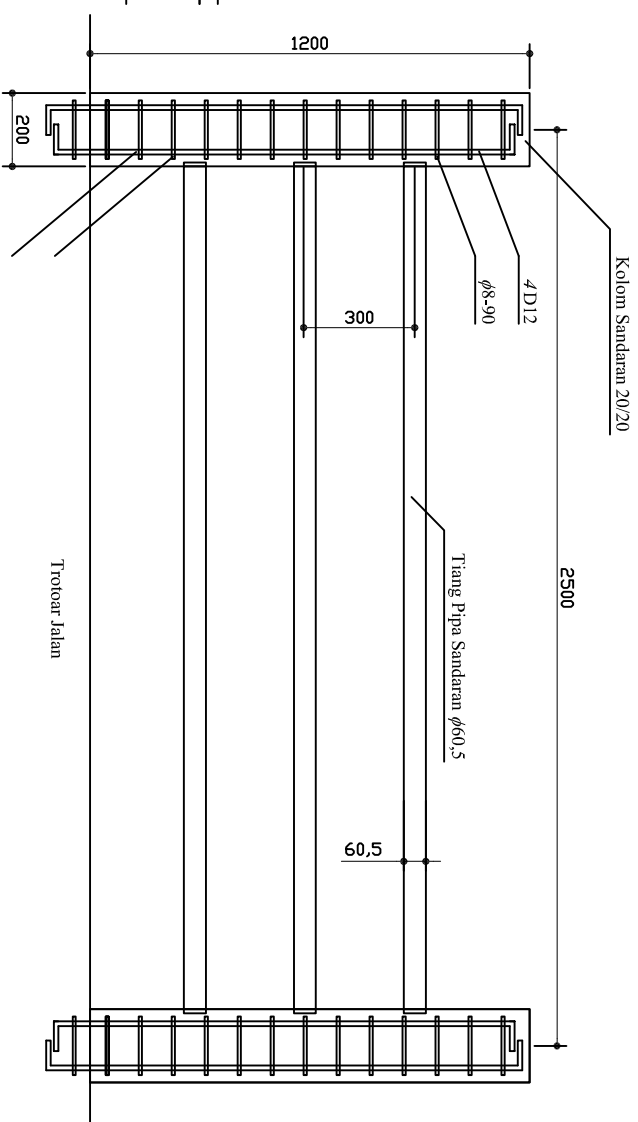
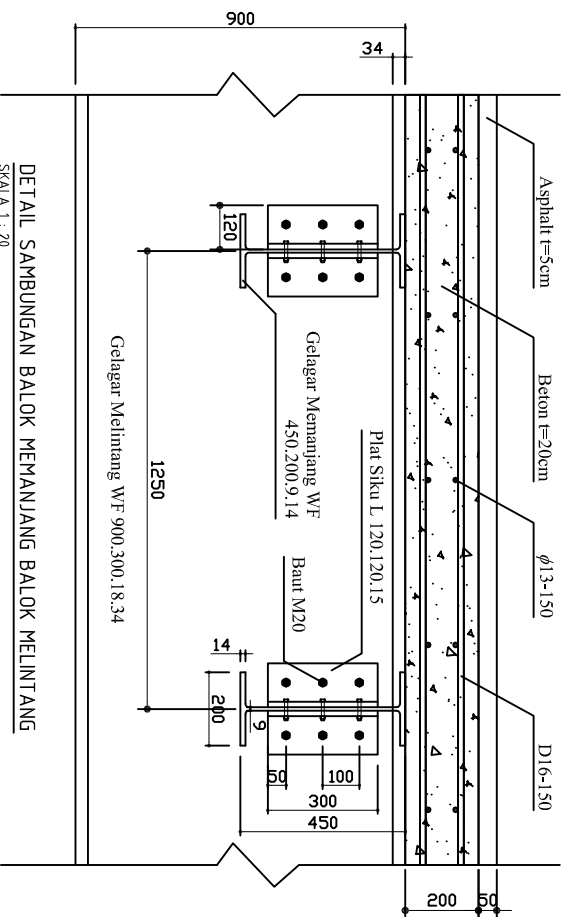



POTONGAN MELINTANG BUSUR P7-P8  
SKALA 1 : 200

 <p>JURUSAN TEKNIK SIPIL, LINTAS JALUR FTSP - ITS</p>	<p>MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM STEEL BOX HALF THROUGH ARCH</p>	<p>DOSEN KONSULTASI BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002</p>	<p>NAMA MAHASISWA TRIYOGA BAYUL NRP. 3115 105 048</p>	<p>JUDUL GAMBAR KONDISI JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI 1. POTONGAN MELINTANG P7-P8 2. POTONGAN MELINTANG P6-P7 / P8-P9</p>	<p>CATATAN</p>	<p>NO 5</p> <p>JML 17</p>
--	--	---	---	---	----------------	-----------------------------------

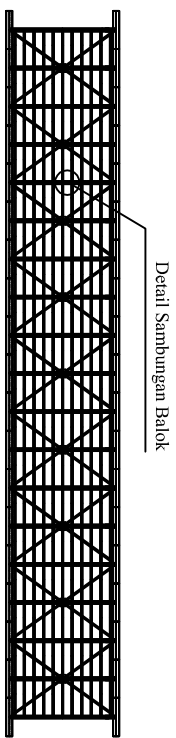


Sketsa Jembatan  
SKALA NTS

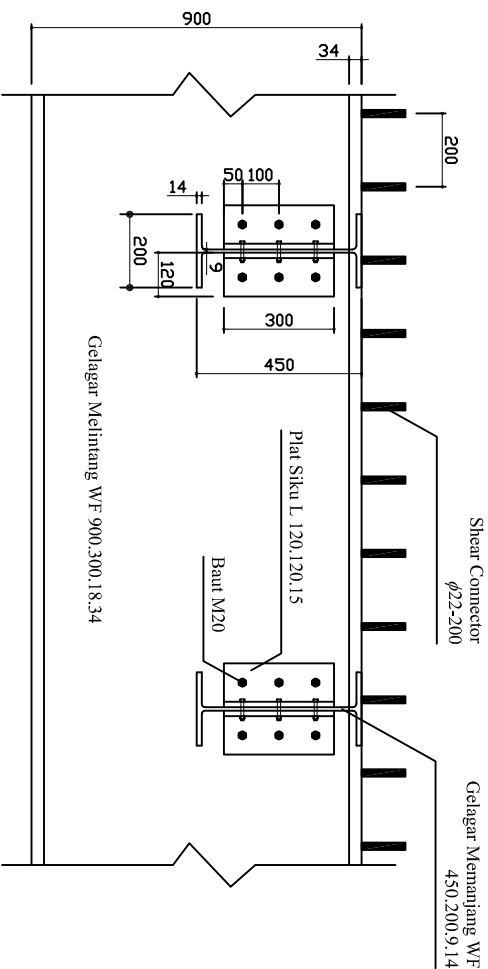


 <p>JURUSAN TEKNIK SIPIL LINTAS JALUR FTSP - ITS</p>	<p>MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM STEEL BOX HALF THROUGH ARCH</p>	<p>DOSEN KONSULTASI</p> <p>BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002</p>	<p>NAMA MAHASISWA</p> <p>TRIYOGA BAYUL NRP. 3115 105 048</p>	<p>JUDUL GAMBAR</p> <p>DETAIL PENULANGAN LANTAI KENDARAAN JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI</p>	<p>CATATAN</p> <p>1. DETAIL PENULANGAN PELAT 2. DETAIL TIANG DAN KOLON SANDARAN</p>	<p>NO</p> <p>6</p> <p>JML</p> <p>17</p>
---	--	--	--	---	---	---

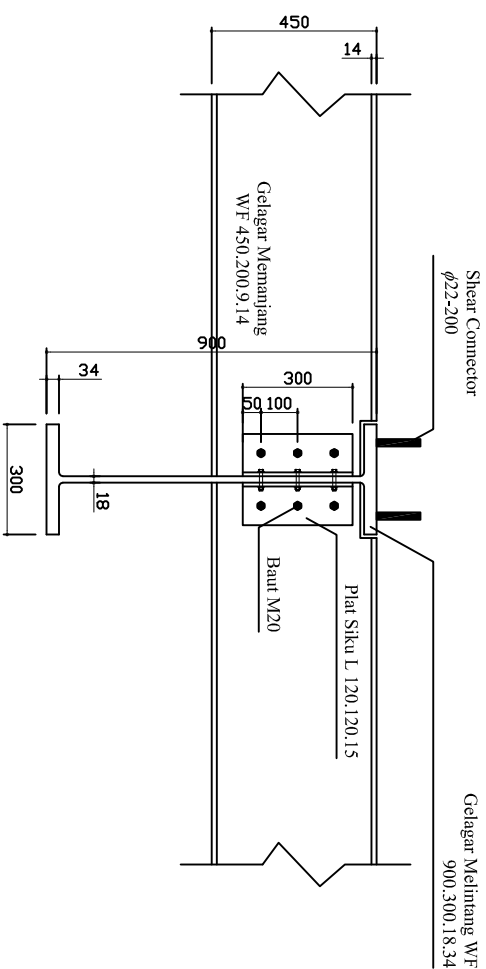





Sketsa Jembatan  
SKALA NTS



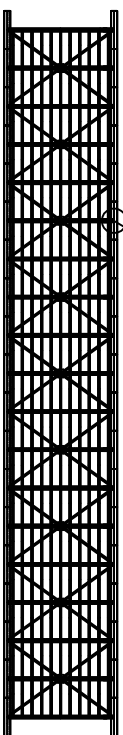
DETAIL SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG BALOK MELINTANG  
SKALA 1 : 20



DETAIL SAMBUNGAN BALOK MELINTANG BALOK MEMANJANG  
SKALA 1 : 20

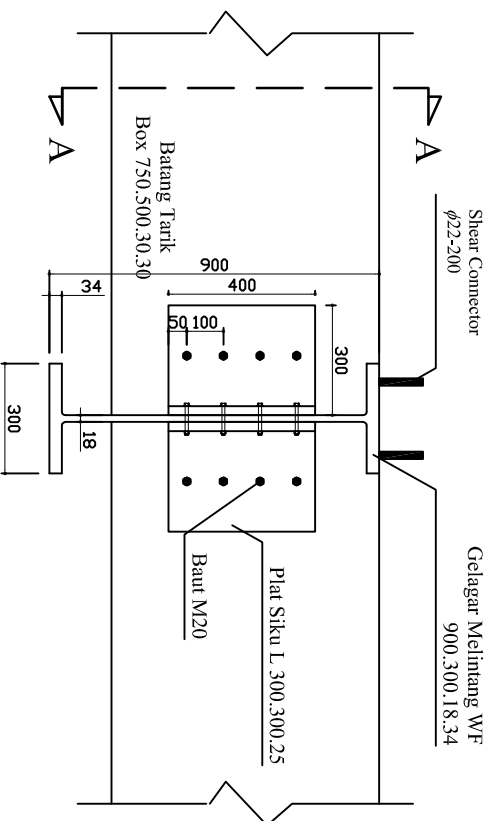
 <p>JURUSAN TEKNIK SIPIL LINTAS JALUR FTSP - ITS</p>	<p>MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM STEEL BOX HALF THROUGH ARCH</p>	<p>DOSEN KONSULTASI  BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002</p>	<p>NAMA MAHASISWA  TRIYOGA BAYU L. NRP. 3115 105 048</p>	<p>JUDUL GAMBAR  DETAIL SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG DAN MELINTANG JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI</p>	<p>CATATAN  1. DETAIL SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG MELINTANG 2. DETAIL SAMBUNGAN BALOK MELINTANG MEMANJANG</p>	<p>NO  7</p>	<p>JML  17</p>
---	--	--	--	---	---	----------------------	------------------------

Detail Sambungan Balok Melintang Batang Tarik

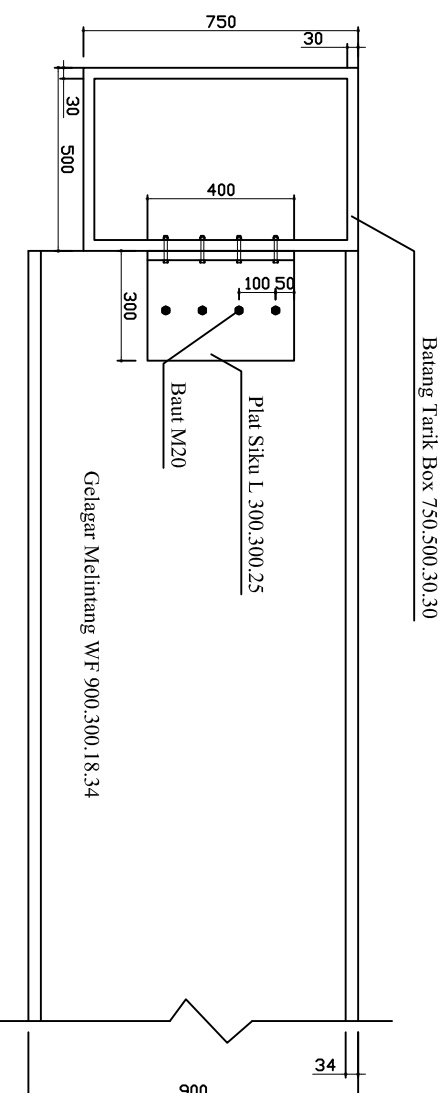


Sketsa Jembatan


SKALA NTS



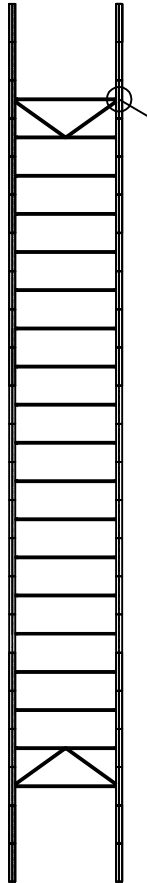
DETAIL SAMBUNGAN BALOK MELINTANG BATANG TARIK  
SKALA 1 : 20



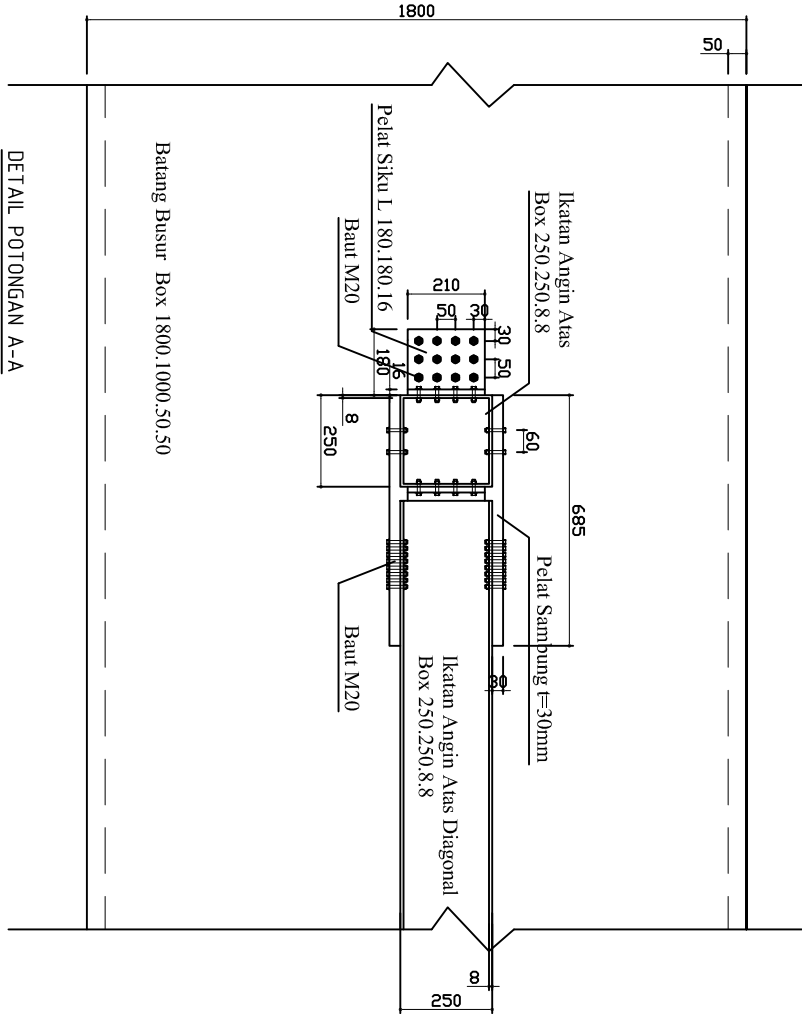
DETAIL POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 20

 <p>JURUSAN TEKNIK SIPIL LINTAS JALUR FTSP - ITS</p>	<p>MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM STEEL BOX HALF THROUGH ARCH</p>	<p>DOSEN KONSULTASI BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002</p>	<p>NAMA MAHASISWA TRIYOGA BAYUL NRP. 3115 105 048</p>	<p>JUDUL GAMBAR DETAIL SAMBUNGAN BALOK MELINTANG DAN BATANG TARIK JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI</p>	<p>CATATAN 1. DETAIL SAMBUNGAN BALOK MELINTANG DAN BATANG TARIK 2. DETAIL POTONGAN A-A</p>	<p>NO 8</p> <p>JML 17</p>
---	--	---	---	---	--	-----------------------------------

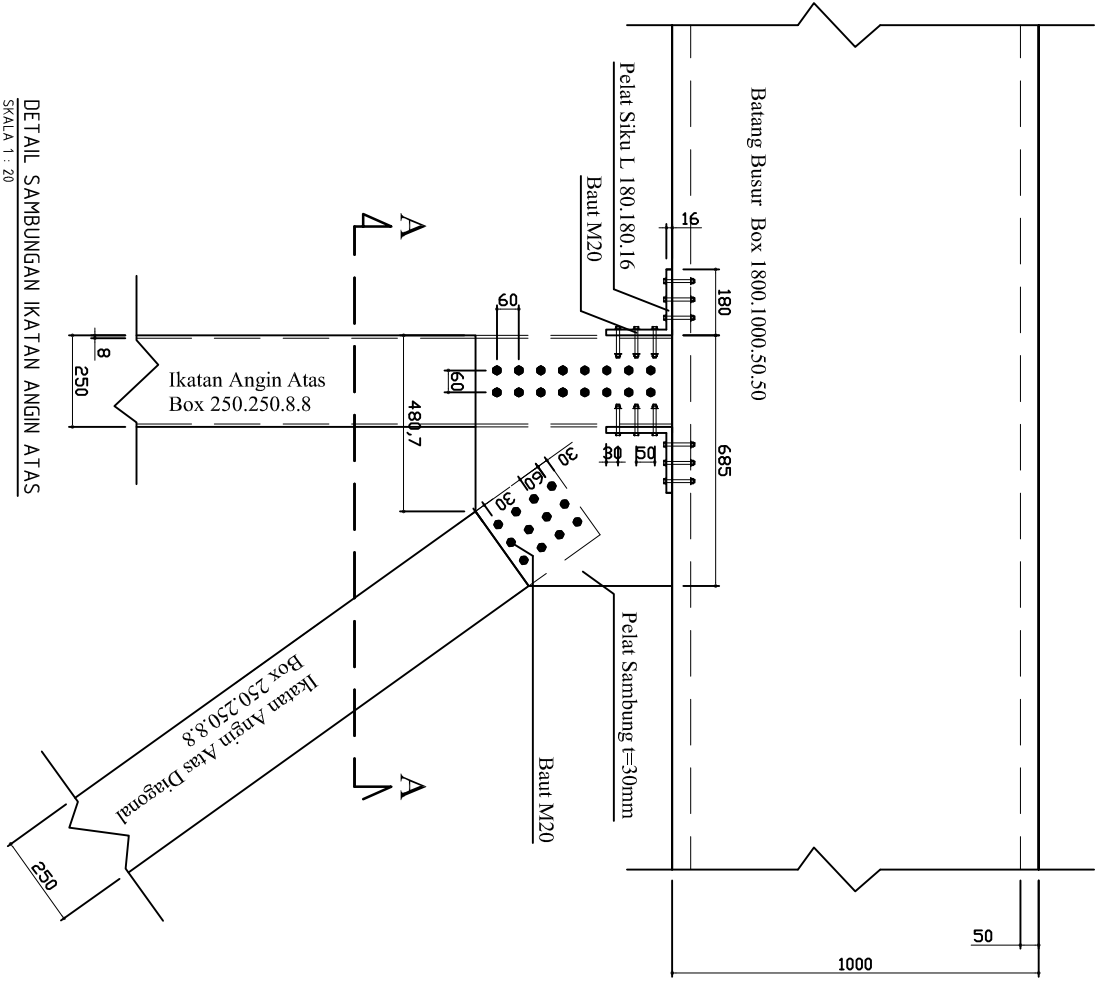
Detail Sambungan Ikatan Angin Atas




Sketsa Jembatan  
SKALA NTS

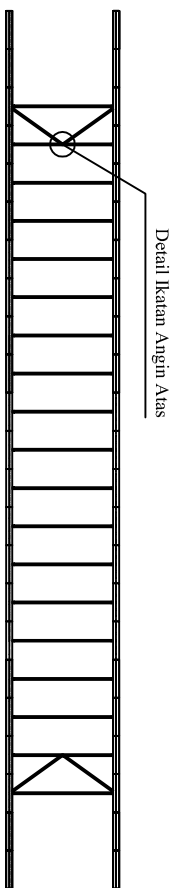


DETAIL POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 20

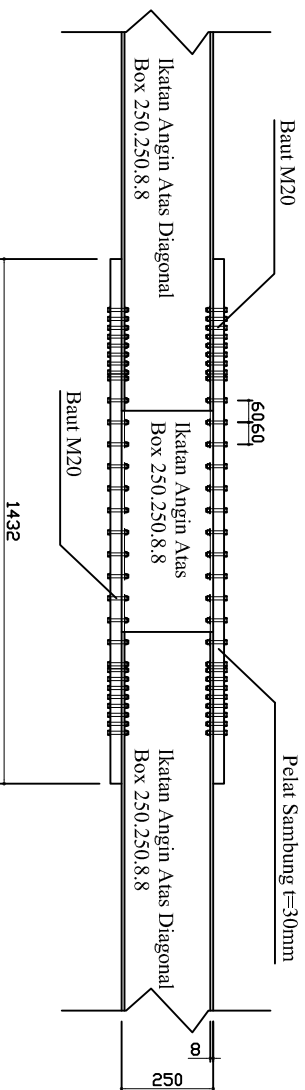


DETAIL SAMBUNGAN IKATAN ANGIN ATAS  
SKALA 1 : 20

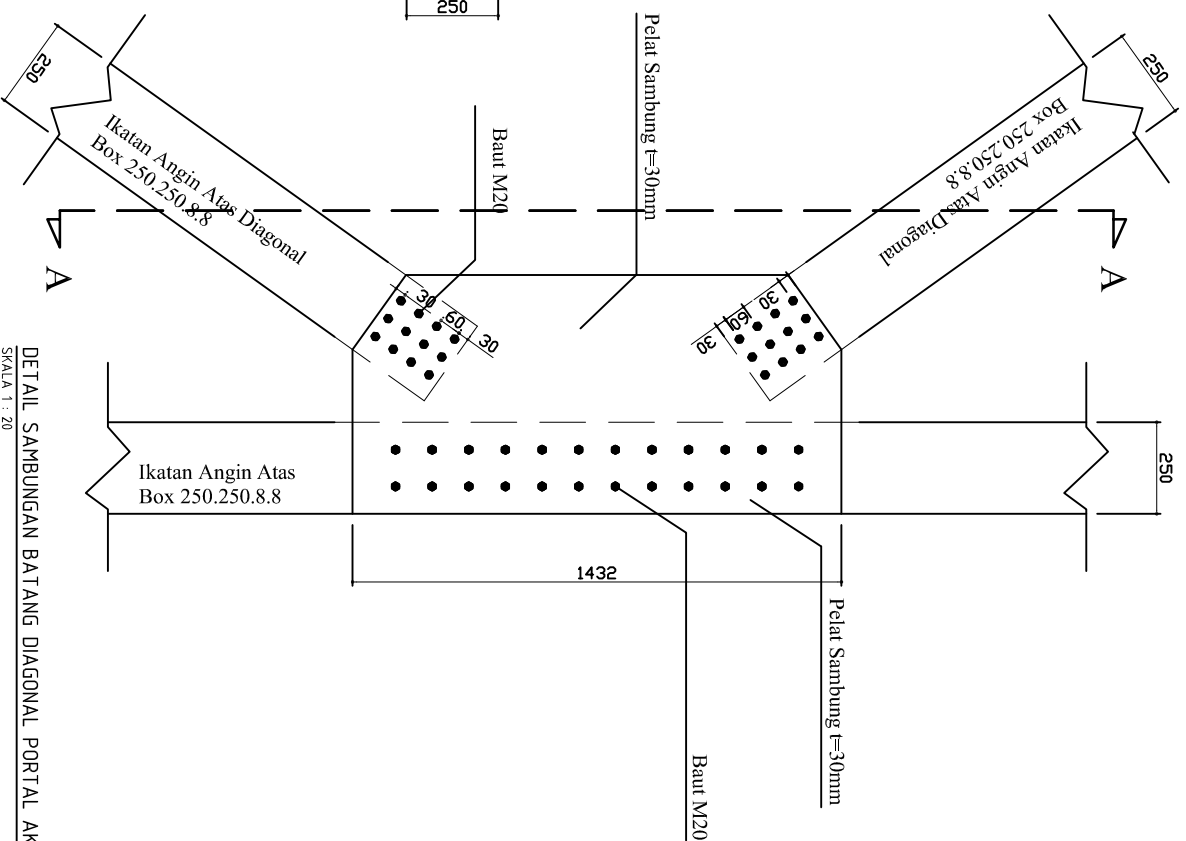
 <p>JURUSAN TEKNIK SIPIL, LINTAS JALUR FTSP - ITS</p>	<p>MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM STEEL BOX HALF THROUGH ARCH</p>	<p>DOSEN KONSULTASI  BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002</p>	<p>NAMA MAHASISWA  TRIYOGA BAYU L. NRP. 3115 105 048</p>	<p>JUDUL GAMBAR  DETAIL SAMBUNGAN IKATAN ANGIN ATAS JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI</p>	<p>CATATAN  1. DETAIL SAMBUNGAN IKATAN ANGIN ATAS 2. DETAIL POTONGAN A-A</p>	<p>NO  9</p> <p>JML  17</p>
--	--	--	--	---	--	---




Sketsa Jembatan  
SKALA NTS

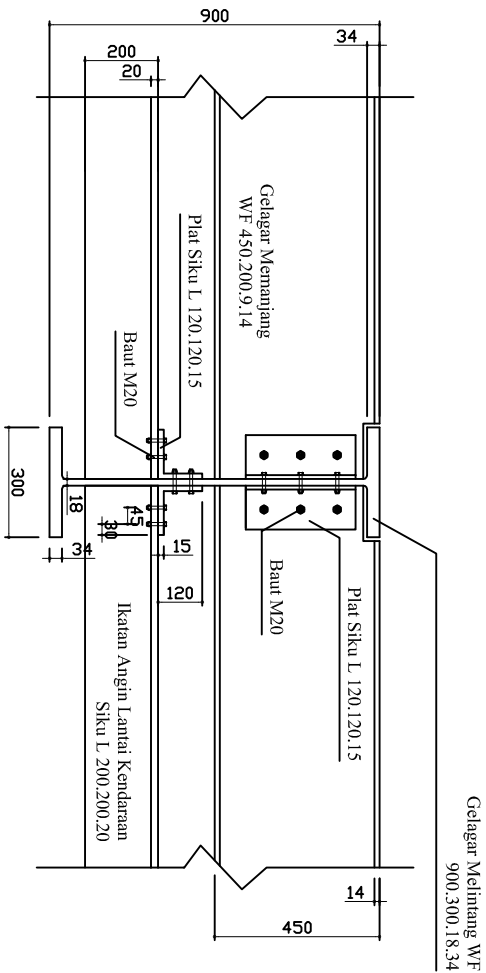
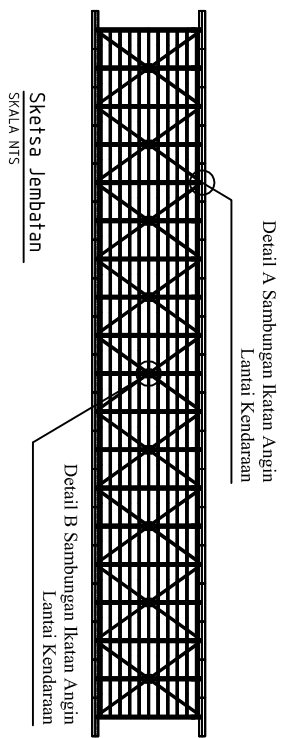


DETAIL POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 20

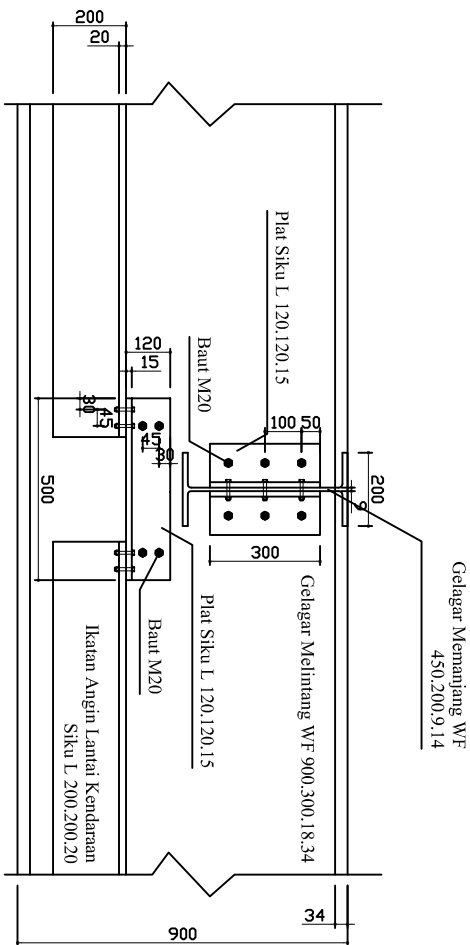


DETAIL SAMBUNGAN BATANG DIAGONAL PORTAL AKHIR  
SKALA 1 : 20


 <p>JURUSAN TEKNIK SIPIL LINTAS JALUR FTSP - ITS</p>	<p>MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM STEEL BOX HALF THROUGH ARCH</p>	<p>DOSEN KONSULTASI  BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002</p>	<p>NAMA MAHASISWA  TRIYOGA BAYUL NRP. 3115 105 048</p>	<p>JUDUL GAMBAR  DETAIL SAMBUNGAN IKATAN ANGIN PORTAL AKHIR JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI</p>	<p>CATATAN  1. DETAIL SAMBUNGAN BATANG DIAGONAL PORTAL AKHIR 2. DETAIL POTONGAN A-A</p>	<p>NO <b>10</b></p>	<p>JML <b>17</b></p>
---	--	--	--	---	---	-------------------------	--------------------------



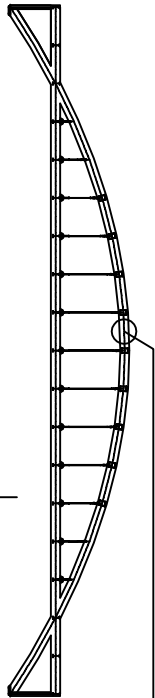
DETAIL A SAMBUNGAN IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN  
SKALA 1 : 20



DETAIL B SAMBUNGAN IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN  
SKALA 1 : 20

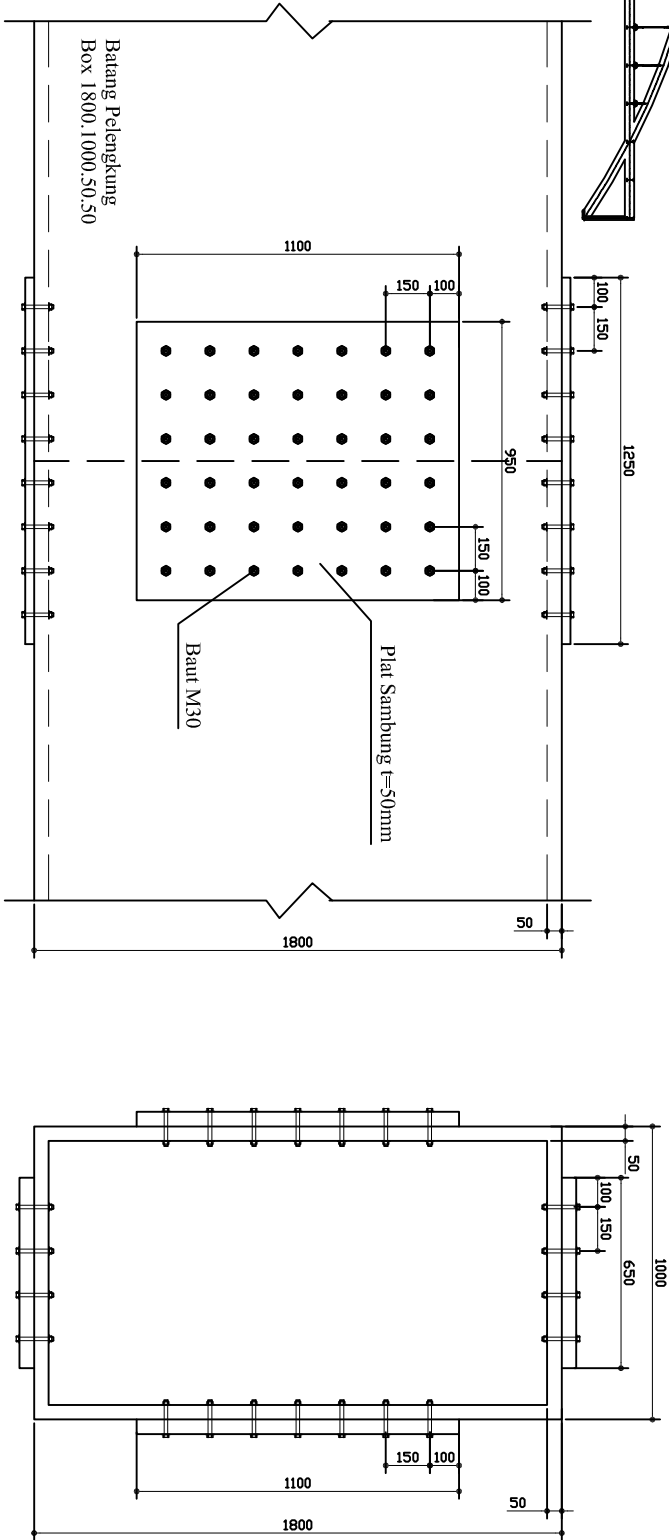
 <p>JURUSAN TEKNIK SIPIL LINTAS JALUR FTSP - ITS</p>	<p>MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM STEEL BOX HALF THROUGH ARCH</p>	<p>DOSEN KONSULTASI BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002</p>	<p>NAMA MAHASISWA TRIYOGA BAYUL NRP. 3115 105 048</p>	<p>JUDUL GAMBAR DETAIL SAMBUNGAN IKATAN ANGIN JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI</p>	<p>CATATAN 1. DETAIL A SAMBUNGAN IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN 2. DETAIL B SAMBUNGAN IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN</p>	<p>NO 11</p>	<p>JML 17</p>
---	--	---	---	---	--	------------------	-------------------

Detail Sambungan Batang Pelengkung



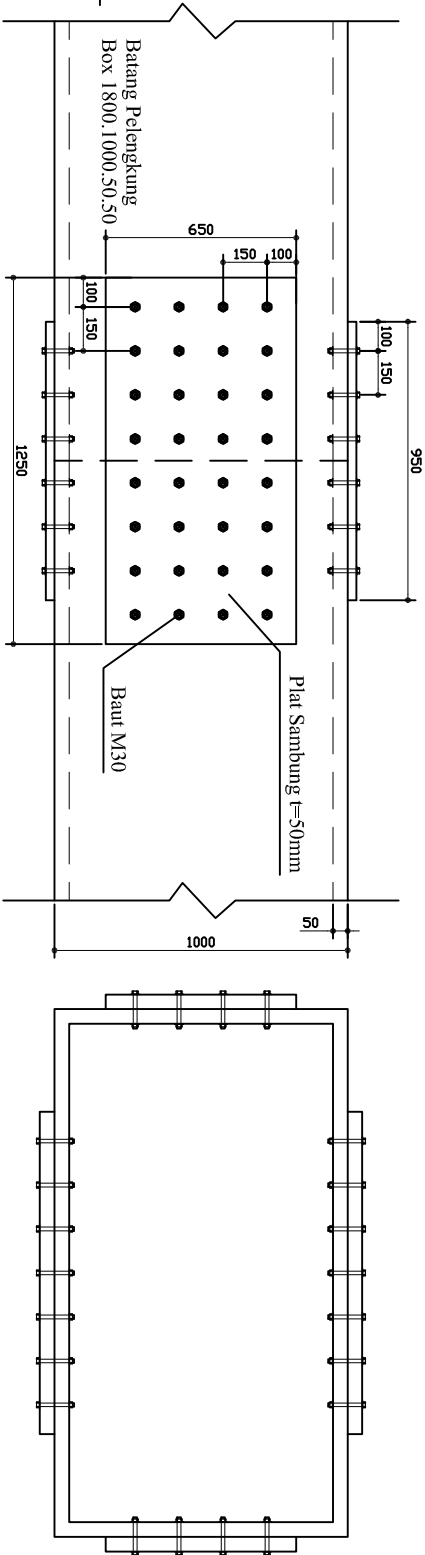
DETAIL SAMBUNGAN PADA WEB PELENGKUNG

SKALA 1 : 25



DETAIL SAMBUNGAN PADA FLANGE PELENGKUNG

SKALA 1 : 25



JURUSAN TEKNIK SIPIL LINTAS JALUR  
FTSP - ITS

MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN  
MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM  
STEEL BOX HALF THROUGH ARCH

DOSEN KONSULTASI

NAMA MAHASISWA

JUDUL GAMBAR

CATATAN

NO

JML

BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D  
NIP. 19730128 199802 1 002

TRIYOGA BAYUL  
NRP. 3115 105 048

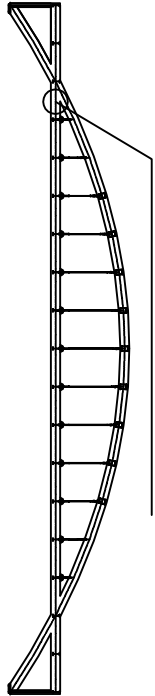
DETAIL SAMBUNGAN PELENGKUNG  
JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI

1. DETAIL SAMBUNGAN PADA WEB  
PELENGKUNG  
2. DETAIL SAMBUNGAN PADA FLANGE  
PELENGKUNG

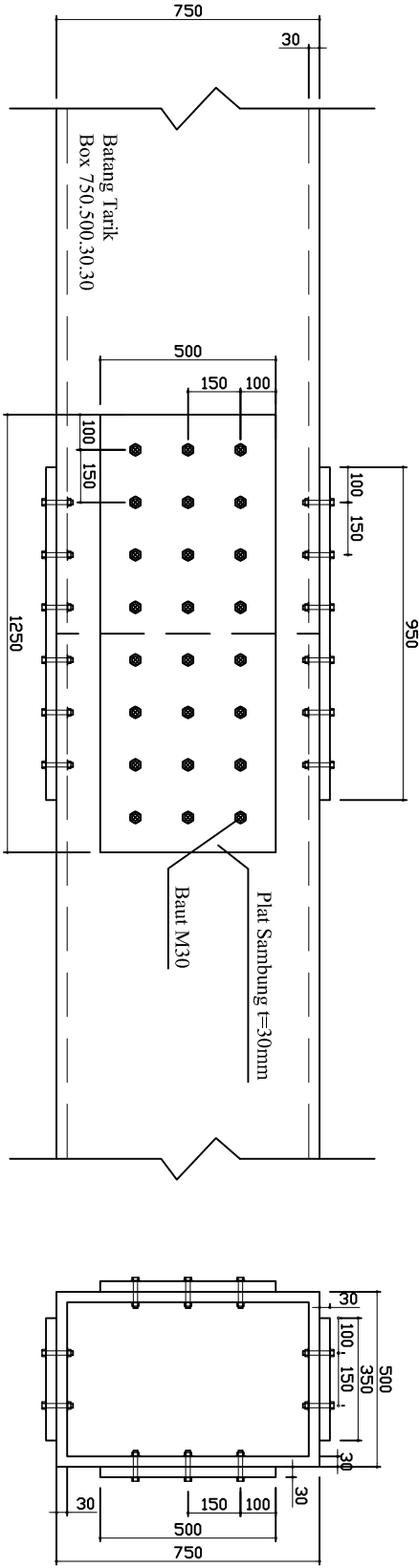
12

17

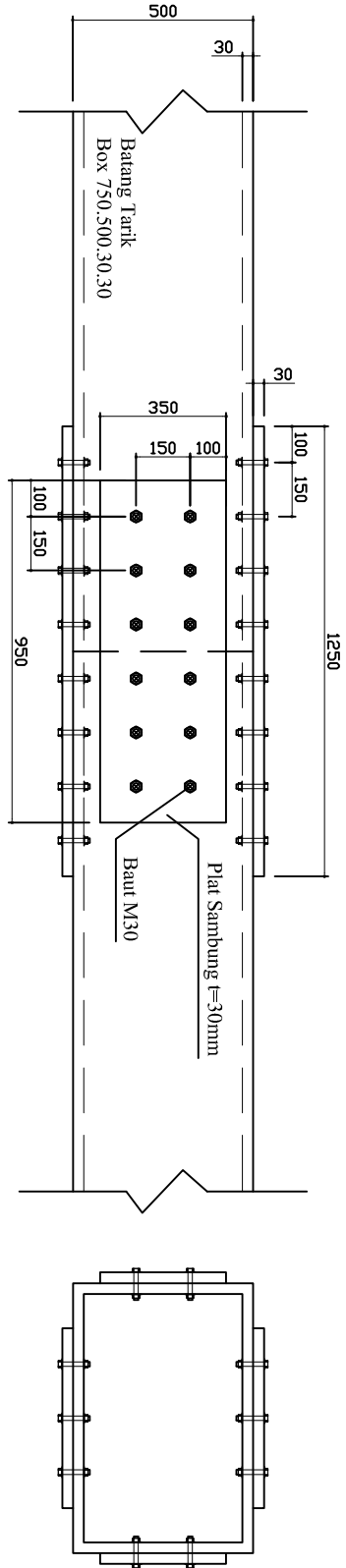
Detail Sambungan Batang Tarik



Sketsa Jembatan  
SKALA NTS

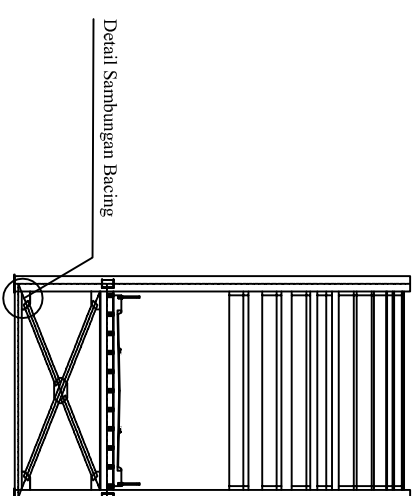


DETAIL SAMBUNGAN PADA WEB BATANG TARIK  
SKALA 1 : 20

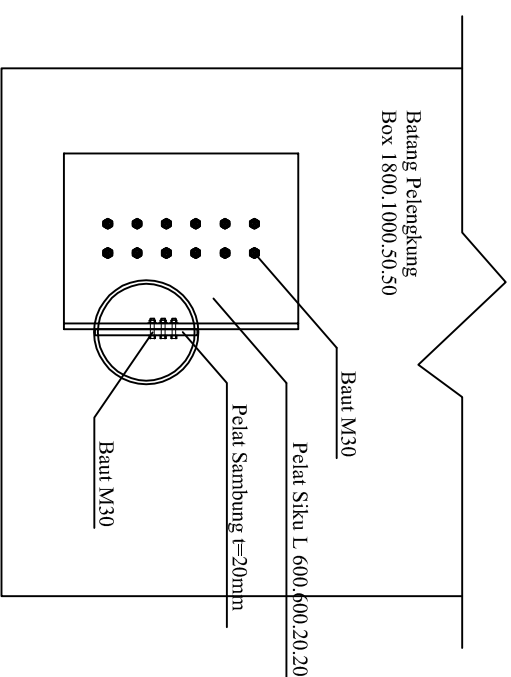
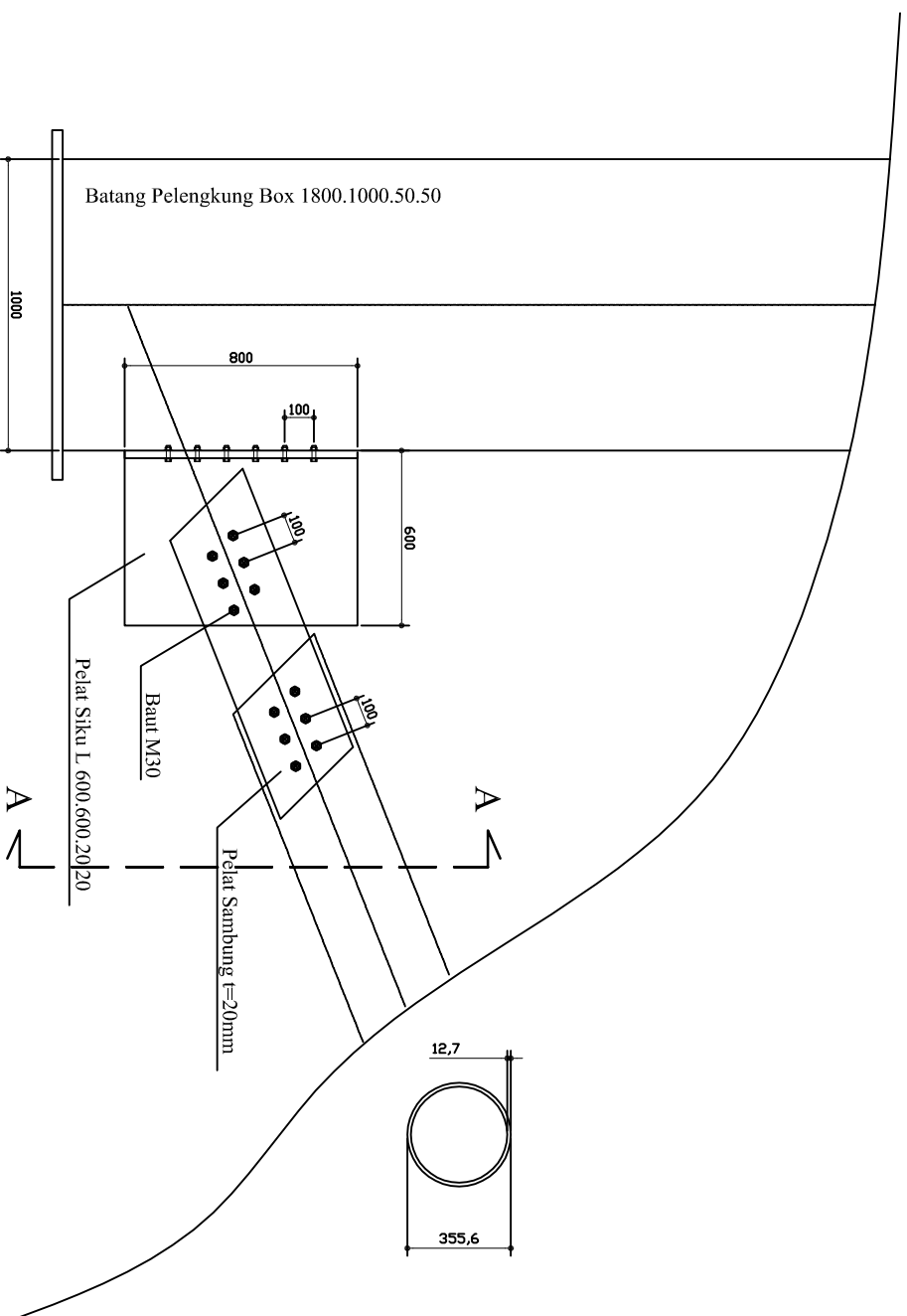


DETAIL SAMBUNGAN PADA FLANGE BATANG TARIK  
SKALA 1 : 20

<div data-bbox="103 179 247 324"></div> <div data-bbox="63 100 103 398">JURUSAN TEKNIK SIPIL LINTAS JALUR FTSP - ITS</div>	<p>MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM STEEL BOX HALF THROUGH ARCH</p>	<p>DOSEN KONSULTASI  BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002</p>	<p>NAMA MAHASISWA  TRIYOGA BAYUL NRP. 3115 105 048</p>	<p>JUDUL GAMBAR  DETAIL SAMBUNGAN BATANG TARIK JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI</p>	<p>CATATAN  1. DETAIL SAMBUNGAN PADA WEB BATANG TARIK 2. DETAIL SAMBUNGAN PADA FLANGE BATANG TARIK</p>	<p>NO  13</p>	<p>JML  17</p>
--	--	--	--	--	--	-----------------------	------------------------




Sketsa Jembatan  
SKALA NTS

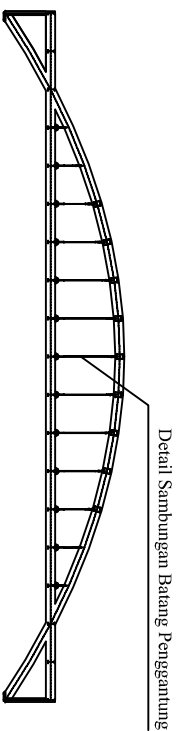


DETAIL SAMBUNGAN BRACING UJUNG  
SKALA 1 : 25

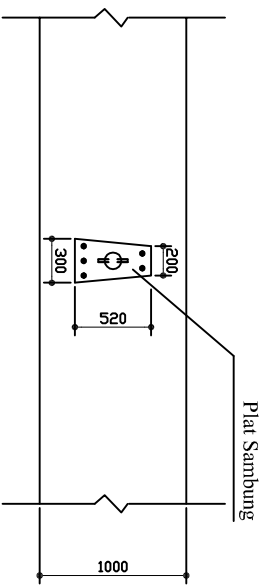
DETAIL POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 25

 <p>JURUSAN TEKNIK SIPIL LINTAS JALUR FTSP - ITS</p>	<p>MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM STEEL BOX HALF THROUGH ARCH</p>	<p>DOSEN KONSULTASI BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002</p>	<p>NAMA MAHASISWA TRIYOGA BAYU L. NRP. 3115 105 048</p>	<p>JUDUL GAMBAR DETAIL SAMBUNGAN BRACING PORTAL AKHIR JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI</p>	<p>CATATAN 1. DETAIL SAMBUNGAN BRACING UJUNG 2. DETAIL POTONGAN A-A</p>	<p>NO 14</p>	<p>JML 17</p>
---	--	---	---	---	---	------------------	-------------------

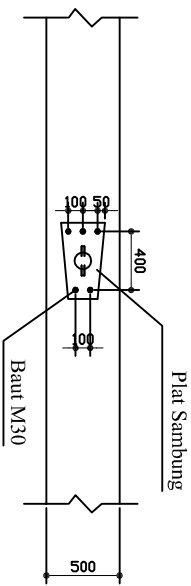




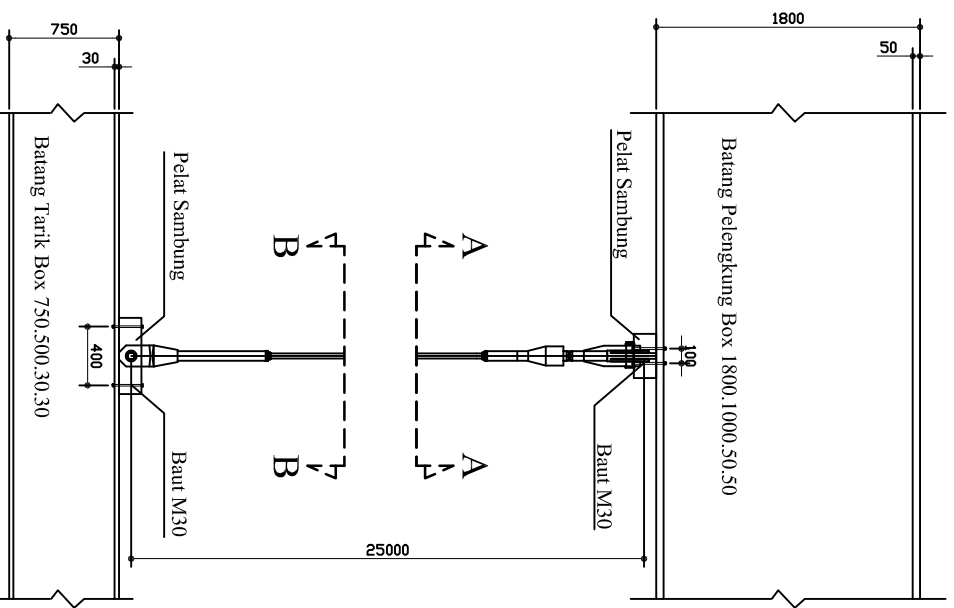
Sketsa Jembatan  
SKALA NTS



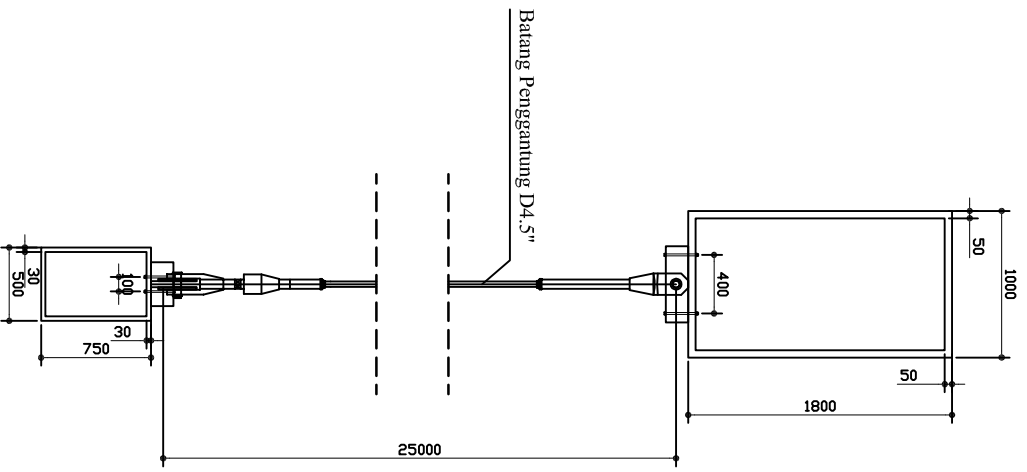
DETAIL POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 50




DETAIL POTONGAN B-B  
SKALA 1 : 50

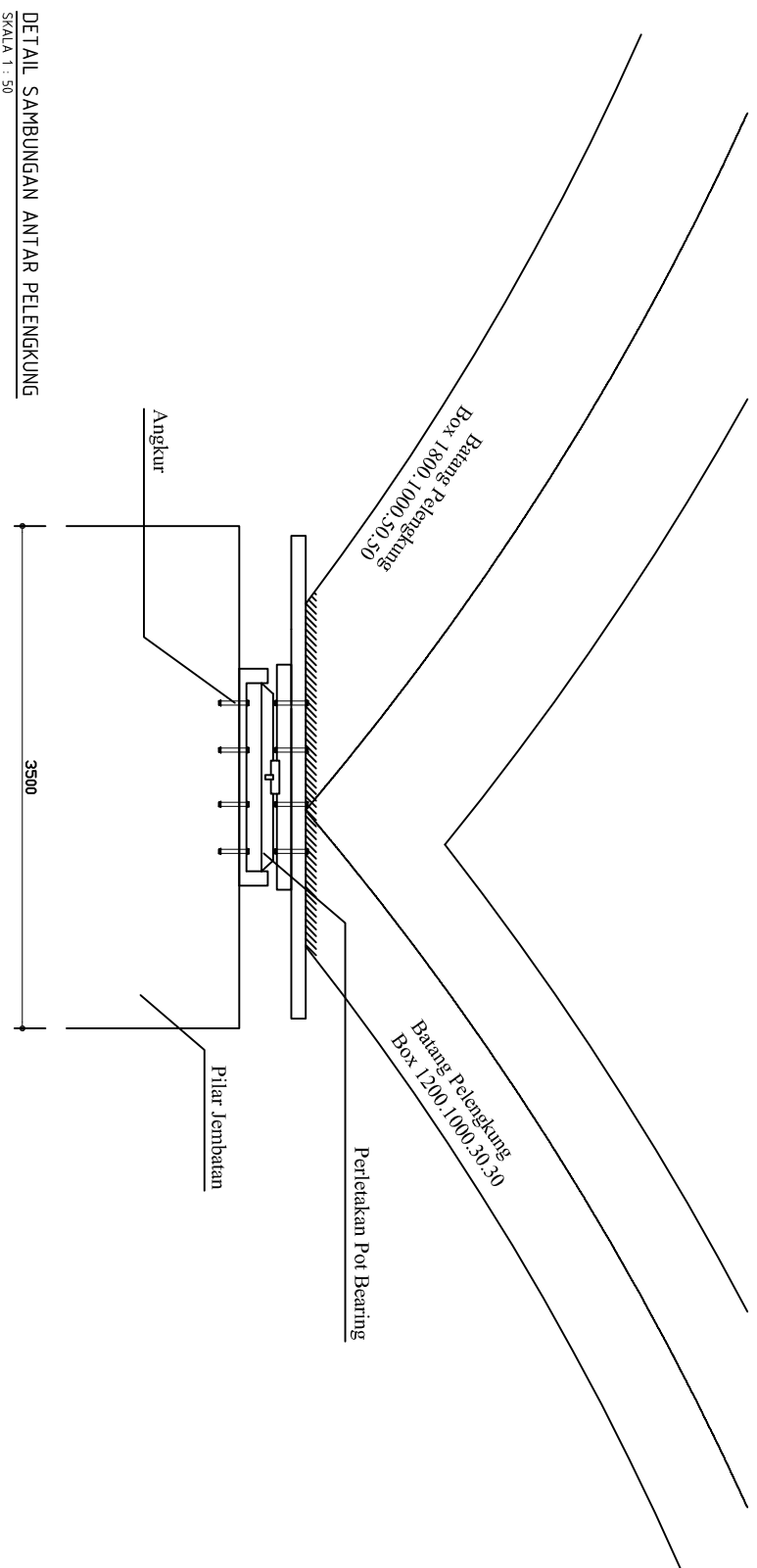
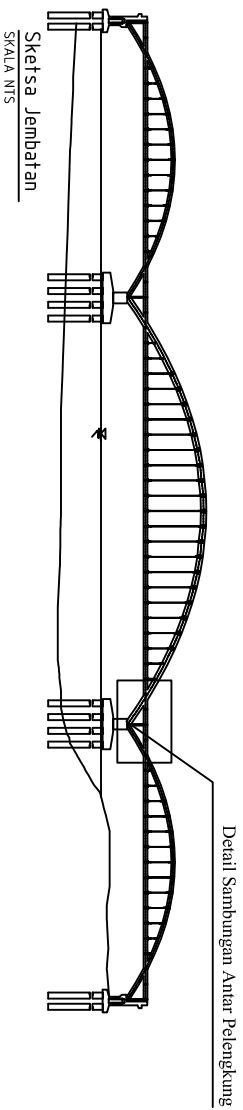


DETAIL KABEL TAMPAP MEMANJANG JEMBATAN  
SKALA 1 : 50




DETAIL KABEL TAMPAP MELINTANG JEMBATAN  
SKALA 1 : 50

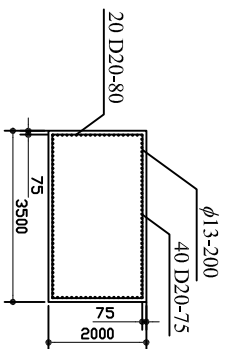
 <p>JURUSAN TEKNIK SIPIL, LINTAS JALUR FTSP - ITS</p>	<p>MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM STEEL BOX HALF THROUGH ARCH</p>	<p>DOSEN KONSULTASI BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002</p>	<p>NAMA MAHASISWA TRIYOGA BAYUL NRP. 3115 105 048</p>	<p>JUDUL GAMBAR DETAIL SAMBUNGAN KABEL JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI</p>	<p>CATATAN 1. DETAIL KABEL TAMPAP MEMANJANG 2. DETAIL KABEL TAMPAP MELINTANG 3. DETAIL POTONGAN A-A 4. DETAIL POTONGAN B-B</p>	<p>NO 15</p> <p>JML 17</p>
--	--	---	---	--	--	------------------------------------



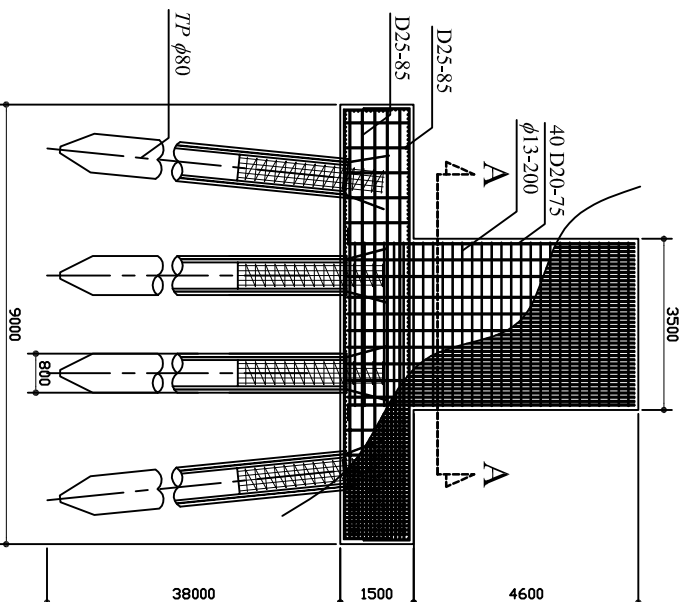
DETAIL SAMBUNGAN ANTAR PELENGKUNG

SKALA 1 : 50

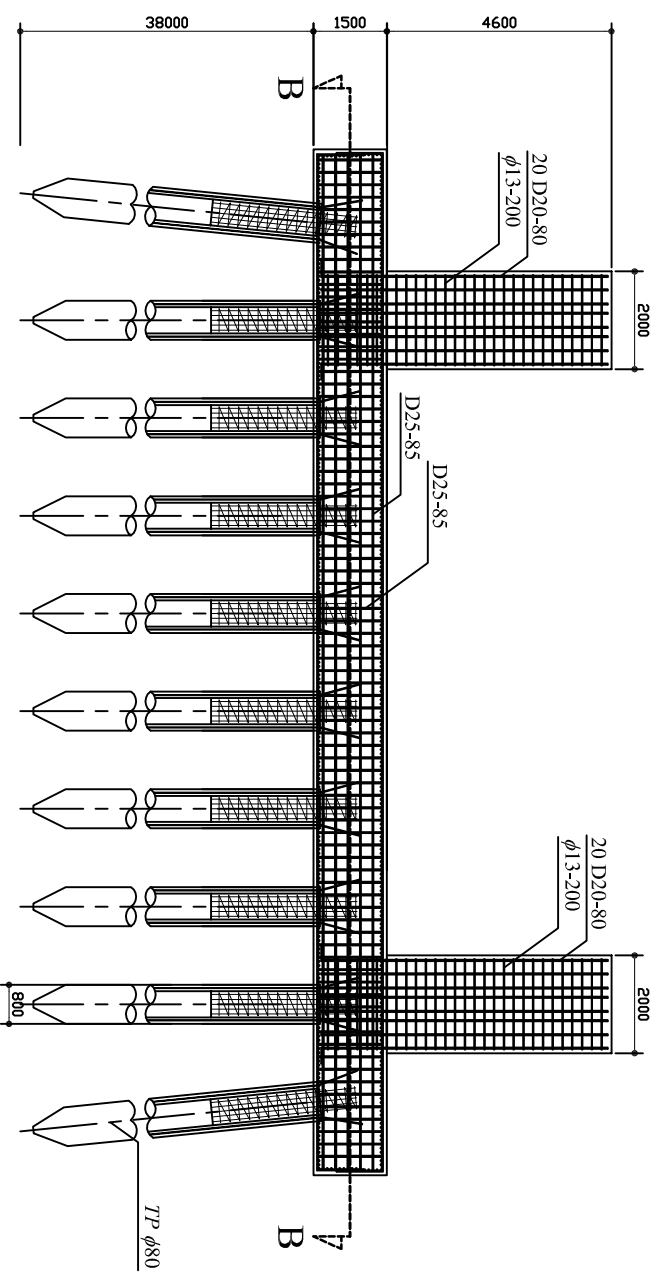
 <p>JURUSAN TEKNIK SIPIL LINTAS JALUR FTSP - ITS</p>	<p>MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM STEEL BOX HALF THROUGH ARCH</p>	<p>DOSEN KONSULTASI BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D NIP. 19730128 199802 1 002</p>	<p>NAMA MAHASISWA TRIYOGA BAYUL NRP. 3115 105 048</p>	<p>JUDUL GAMBAR DETAIL SAMBUNGAN ANTAR PELENGKUNG</p>	<p>CATATAN 1. DETAIL SAMBUNGAN ANTAR PELENGKUNG</p>	<p>NO 16</p>	<p>JML 17</p>
---	--	---	---	---	---	------------------	-------------------



DETAIL POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 150

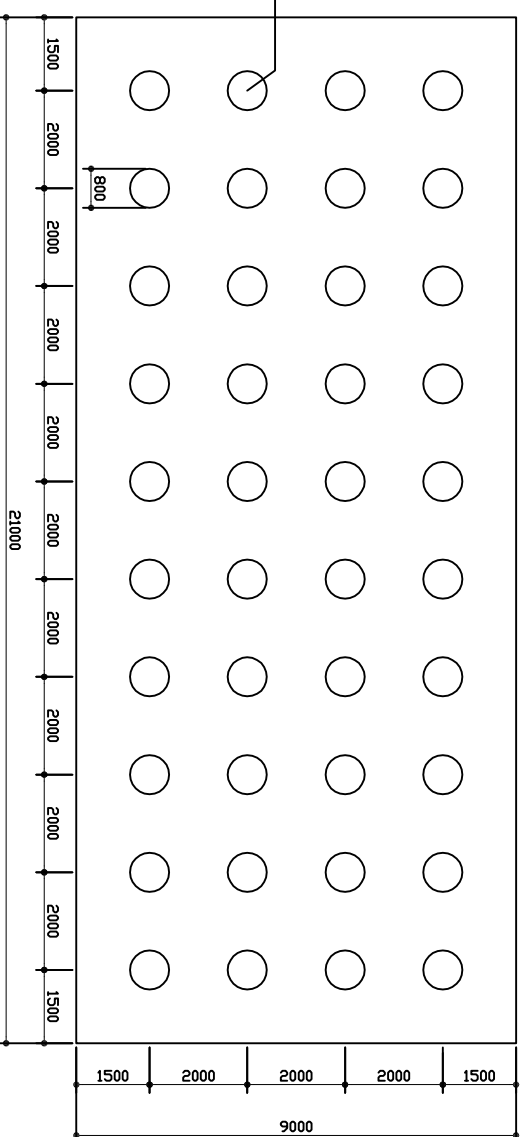


DETAIL POTONGAN MEMANJANG BANGUNAN BAWAH  
SKALA 1 : 150



DETAIL POTONGAN MELINTANG BANGUNAN BAWAH  
SKALA 1 : 150

DETAIL POTONGAN B-B  
SKALA 1 : 150



JURUSAN TEKNIK SIPIL LINTAS JALUR  
FTSP - ITS

MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN  
MUSI IV MENGGUNAKAN SISTEM  
STEEL BOX HALF THROUGH ARCH

DOSEN KONSULTASI

NAMA MAHASISWA

JUDUL GAMBAR

CATATAN

NO

JML

BUDI SUSWANTO ST., MT., Ph.D  
NIP. 19730128 199802 1 002

TRIYOGA BAYUL  
NRP. 3115 105 048

STRUKTUR BANGUNAN BAWAH  
JEMBATAN MUSI IV MODIFIKASI

1. DETAIL POTONGAN MEMANJANG
2. DETAIL POTONGAN A-A
3. DETAIL POTONGAN MELINTANG
4. DETAIL POTONGAN B-B

17

17